tijdschrift van het

nederlands elektronica- en radiogenootschap

deel 61 nr.4 1996

nederlands elektronica- en radiogenootschap

Nederlands Elektronica- en Radiogenootschap
Correspondentie-adres: Postbus 39,2260 AA Leidschendam.
Gironummer 94746 t.n.v. Penningmeester NERG,
Leidschendam.

HET GENOOTSCHAP

Het Nederlands Elektronica- en Radiogenootschap (NERG) is een wetenschappelijke vereniging, gericht op elektronica, telecommunicatie en informatieverwerking.
Het doel van het NERG is om het wetenschappelijk onderzoek op deze gebieden te bevorderen en de verbreiding en toepassing van de verworven kennis te stimuleren.

LIDMAATSCHAP

Voor lidmaatschap wende men zich via het correspondentie-adres tot de secretaris.. Het lidmaatschap van het NERG staat open voor academisch gegradueerden en anderen die door hun kennis en ervaring bij kunnen dragen aan het genootschap. De jaarlijkse contributie bedraagt voor gewone leden *f* 75,- en voor junior leden *f* 39,-. Bij automatische incasso wordt *f* 3,- korting verleend.
Gevorderde 1e fase studenten en 2e fase studenten komen in aanmerking voor het junior lidmaatschap en kunnen daartoe contact opnemen met de contactpersoon op hun universiteit.
In bepaalde gevallen kunnen ook andere leden, na overleg met de penningmeester, voor een gereduceerde contributie in aanmerking komen.
De contributie is inclusief abonnement op het Tijdschrift van het NERG en deelname aan vergaderingen, lezingen en excursies.

HET TIJDSCHRIFT

Het tijdschrift verschijnt gemiddeld vijf maal per jaar. Opgenomen worden artikelen op het gebied van de elektronica en de telecommunicatie. Auteurs, die publicatie van hun onderzoek in het tijdschrift overwegen, wordt verzocht vroegtijdig contact op te nemen met de hoofdredacteur of een lid van de redactiecommissie.

Het jaarabonnement van het tijdschrift bedraagt *f* 75,-

ISSN 03743853

MPEG 2 - THE COMPATIBLE SURROUND SOUND SYSTEM

by Ing. J. Middeljans

Philips Components
Eindhoven

Summary
With the recent advent of the DVD system a new era of multi-channel sound has begun.
The concept of multi-channel sound is already an old one; early demonstrations date back to the thirties. But it is generally believed that DVD will mean the breakthrough into the consumer market, as next step after the analogue surround sound systems.
Part of the DVD standard is the MPEG 2 surround sound system. In the design phase of this world-wide international standard, special consideration has been given to compatibility issues. As will be described in this article MPEG 2 is *the* compatible surround system.

Multi-channel sound set-up.

Everybody will be familiar with the system of figure 1, using multiple audio channels: the stereo system in which a representation of a soundstage is reproduced using two audio channels, Left and Right.

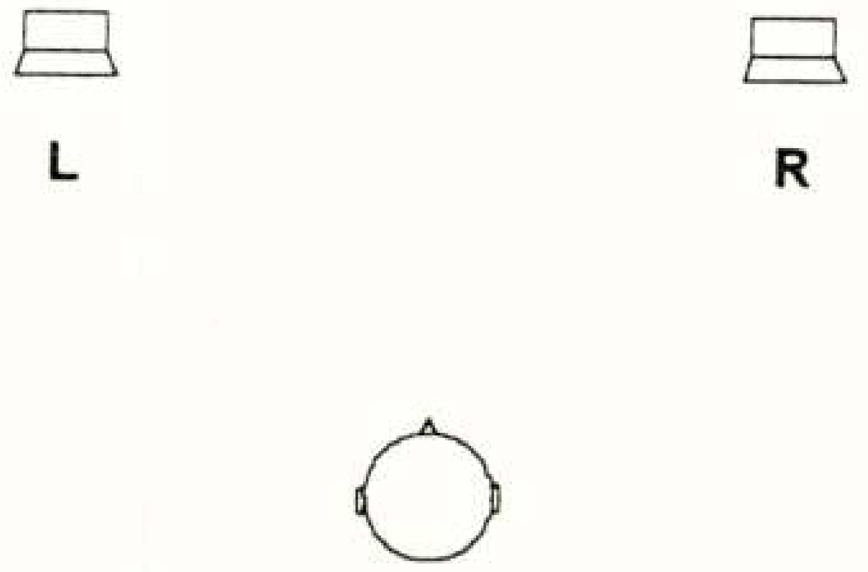


Figure 1. Stereo reproduction

This system has been employed for many years now, and will remain for many years to come.

It was soon discovered that for some signals, e.g. the dialogue with movies, the addition of a third Center channel provided better localisation (figure 2).

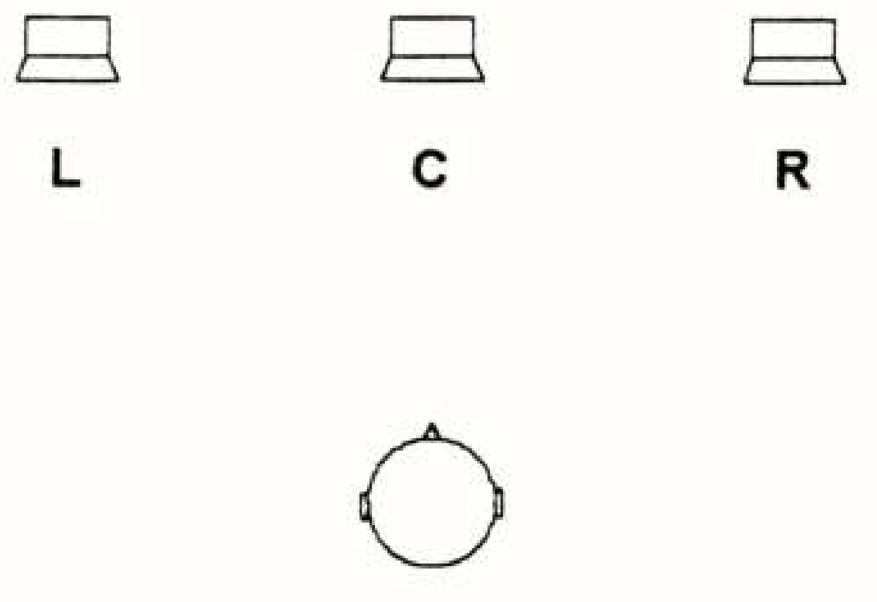


Figure 2. Stereo plus Center channel for better localisation.

The analogue system that is currently in use to bring surround sound effects into the home theatre has a fourth 'Surround' channel, of limited bandwidthand dynamic range. This channel is reproduced by means of two speakers located somewhere behind the listener (figure 3).

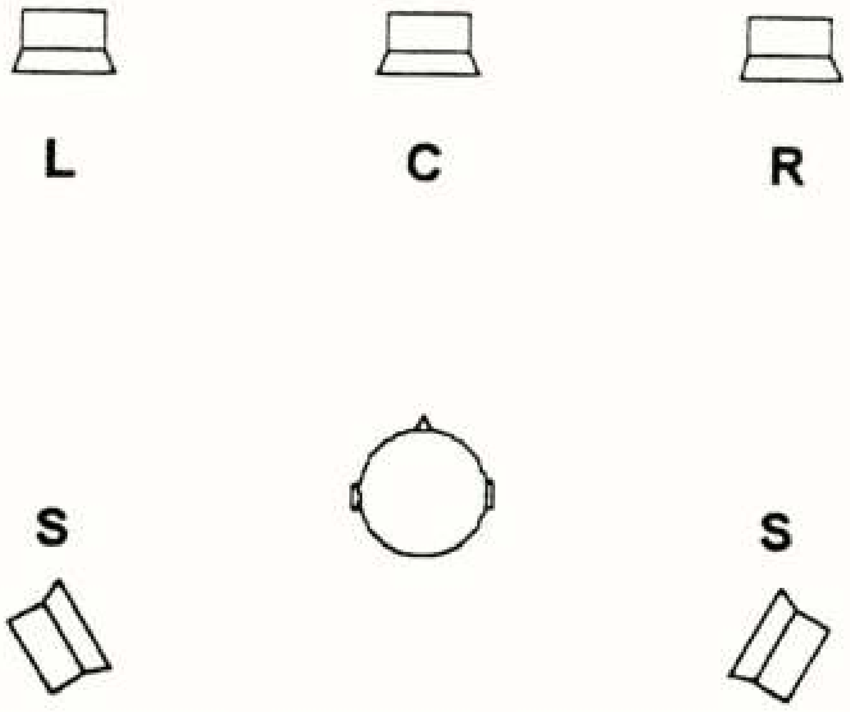


Figure 3. Current 4 channel analogue surround sound system.

Although this sytem achieves some stunning 'ambient' effects, for which it is widely aknowledged and has become the present day standard for video movie reproduction, it lacks natural 'all around' characteristic. This can be overcome using two separate surround channels (figuur 4).

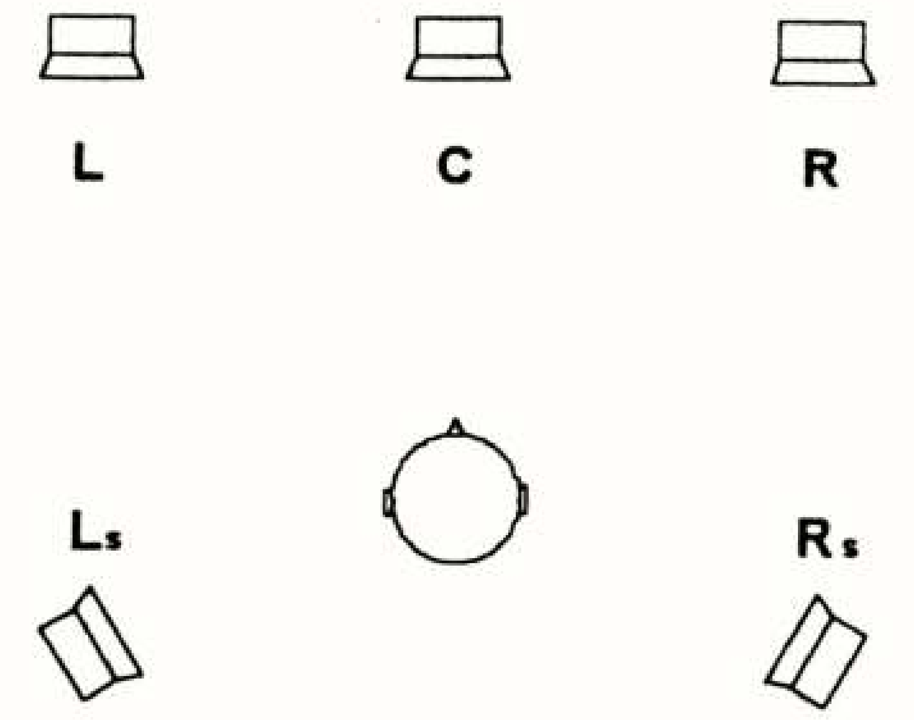


Figure 4. Five channel surround sound for better localisation of ambient signals.

MPEG 2 surround sound is based on this five channel set-up. However, to provide the listener with the option to extend the low frequency content of the reproduced audio inboth frequency and level, a sixth Low Frequency Enhancement (LFE) channel has been added (figure 5).

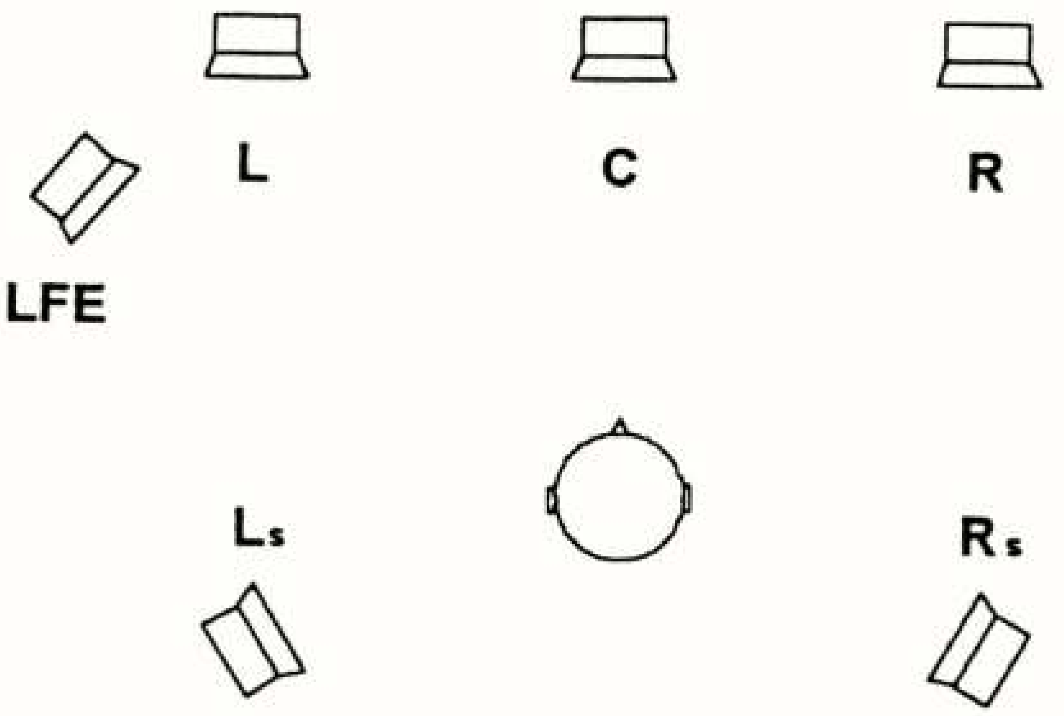


Figure 5. Five channel surround sound with Low Frequency Enhancement channel.

This system is normally referred to as 5 + 1. The subwoofer used to reproduce the LFE channel does not need to be located in any particular location, as the human ear is very limited in detecting the direction of these low frequencies (20 - 120 Hz).

For large screen movie theatre audiences sometimes two additional channels are provided which compensate for the wider viewing angle (figure 6).

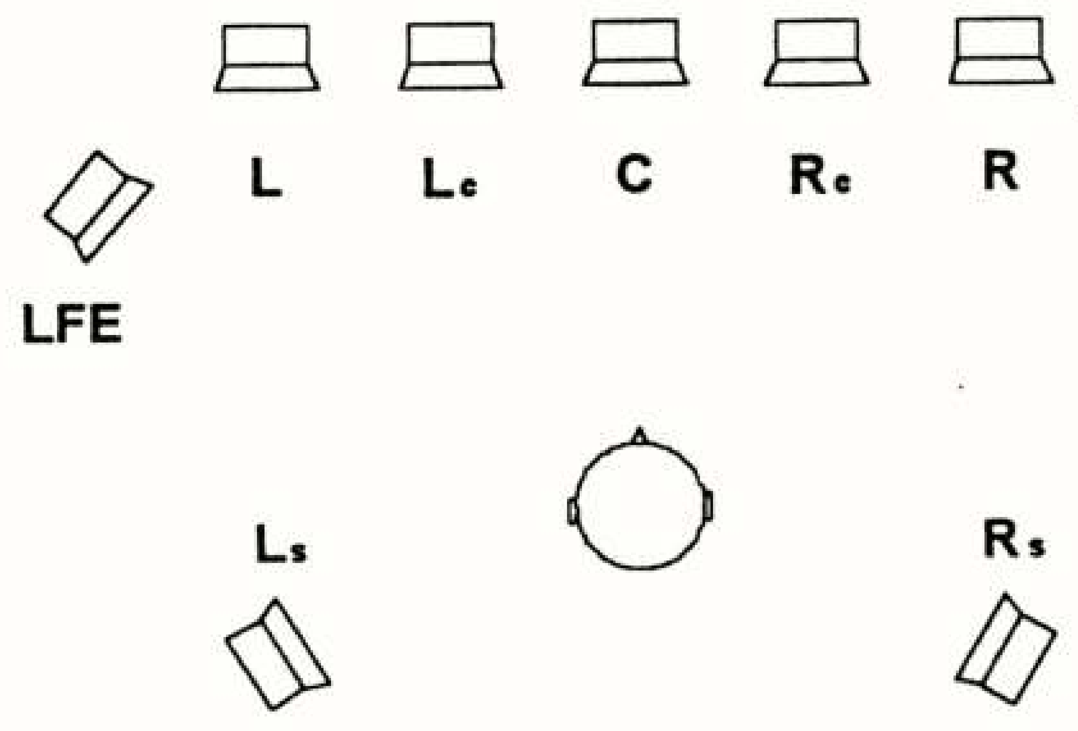


Figure 6. Seven (+1) channel sound system for wide screen movie theatres.

MPEG 2 has been selected for the DVD standard as it is capable of carrying all these systems in a single digital format, and allows compatible reproduction of multi-channel audio on systems with less channels.

The ISO/MPEG 2 bit-stream: built-in compatibility.

The MPEG 2 bit-stream has been designed with compatibility in mind. The minimal number of channels to be reproduced is assumed to be two, for stereo (although it is of course possible to even make a monaural signal).
Therefore the backbone of the signal is a stereo encoded MPEG 1 signal (figure 7).

MPEG 1 stereo	MC 5(+1)	MC 7

Figure 7. MPEG 2 frame structure.

A first extension, identified in the figure as MC 5(+1), provides additional information with which it is possible to retrieve the 5 (+1) channel information. With more additional information in a second extension (MC 7), it is possible to reproduce the full 7 (+1) channels.
This compatibility is achieved by employing matrix techniques during encoding and decoding.

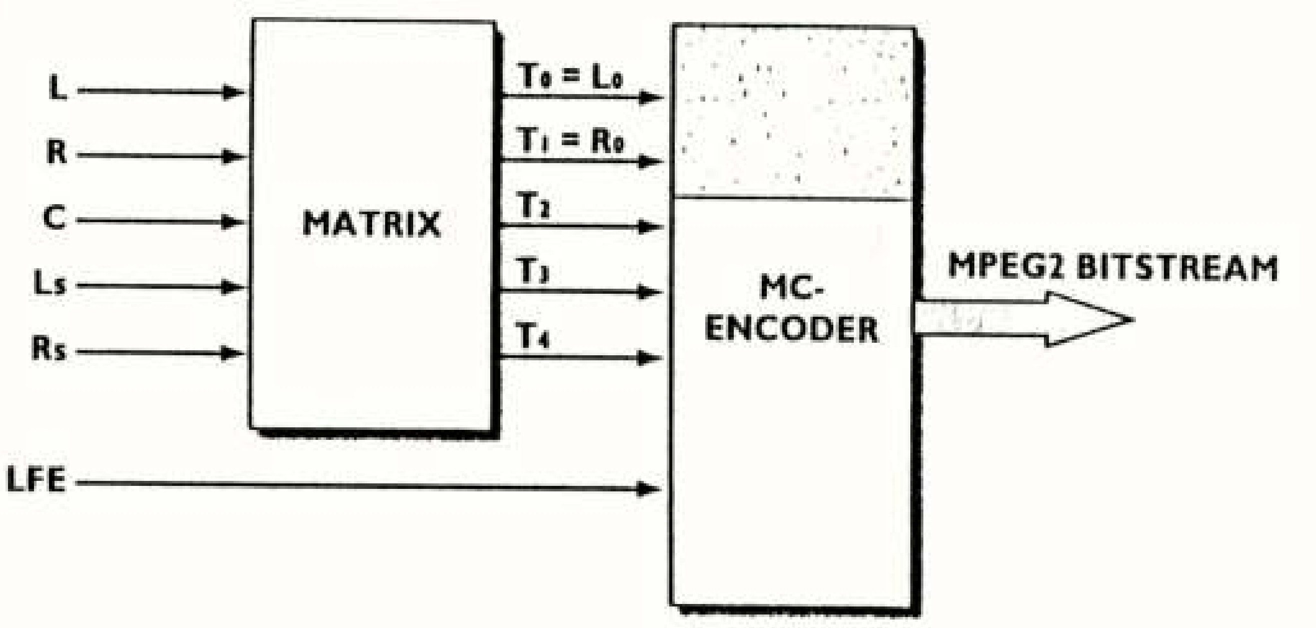


Figure 8. Multichannel MPEG 2 encoding.

During encoding, as shown in figure 8, the input information is used in an encoding matrix to generate new signals that will be psycho-acoustially coded.
Two of these (T_0 and T_1) are combinations of the input signals that will be encoded as an MPEG 1 signal. These signals will be the outputs of a simple decoder that only provides a stereo signal (see figure 9). Therefore they are generated in such a way that the resulting stereo signal is a combination of all input signals.
The other matrix signals will be chosen, frame by frame, from the original input signals such that a minimum number of bits is needed for the coding.
The ow Frequency Enhancement signal is transferred as a separate channel, as it only needs a small number of encoding bits.

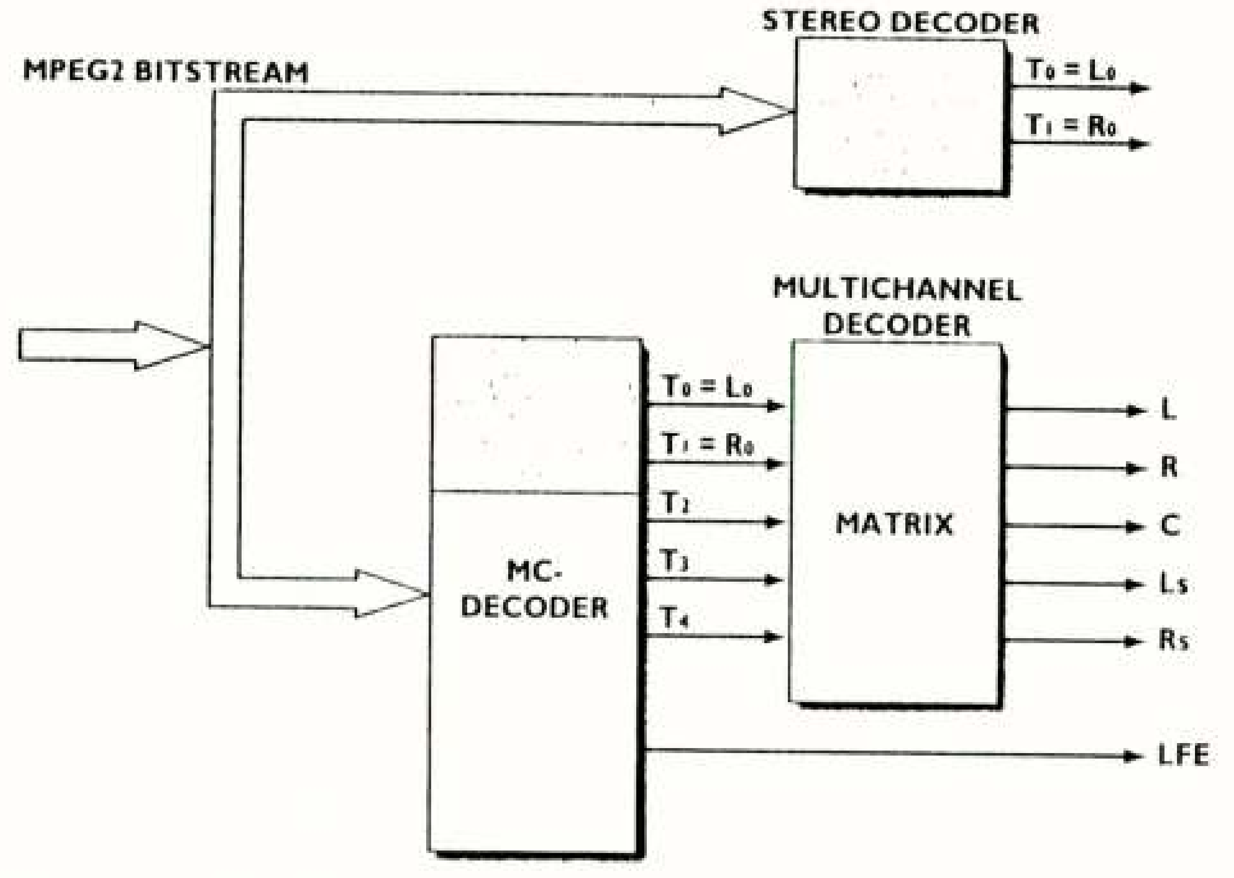


Figure 9. Compatible decoding of MPEG 2 bitstreams.

Four different matrix sets are available, to accomodate different source material. One of these provides Prologic compatibility, as explained below.
Unlike other systems a stereo decoder does not need to calculate the multi-channel information before a stereo downmix can be made. With MPEG the stereo downmix is already in the bit-stream, and can be recovered just as intended during mixing. This means that the basic MPEG stereo decoder is less complex.
The stereo portion of the MPEG signal is also used in multi-channel decoders. Together with additional information in one or both multi-channel extensions, the signal is input into a decoding matrix which regenerates the original five or seven channels.

One of the most important features of MPEG 2 Audio is the forward and backward compatibility with MPEG 1. An MPEG 2 decoder will properly decode an MPEG 1 bit-stream (either mono, stereo or dual channel), and an MPEG 1 decoder will decode the basic stereo (left and right front) information from a multi-channel MPEG 2 signal.

This all results in the following table, which shows the reproduced quality as a function of source material and decoder used.

Source : \ Decoder :	Stereo	5 + 1	7 + 1
Stereo	Stereo	Stereo	Stereo
5 + 1	Stereo	5 + 1	5 + 1
7 + 1	Stereo	5 + 1	7 + 1

Prologic compatibility.

For audio together with video the MPEG 2 system has been made compatible with Prologic. This has been achieved by applying a special coding matrix, which generates the T_0 and T_1 signals such that they are identical to a two-channel Prologic signal.
There are two possible decoding methods: either a normal Prologic decoder is applied which operates on the stereo signal as decoded by a two channel MPEG 1 or MPEG 2 decoder, or a multi-channel MPEG 2 decoder will directly decode the bit-stream into five channels (the two surround channels will be identical if encoded in this way).

MPEG 2 in DVD.

As surround sound brings the viewer more in touch with the film experience, and as such is a vital part of the present day home movie entertainment, it has been decided to equip even the most basic DVD player with the possibility to provide a Prologic signal on its two stereo outputs. For this the player will decode the MPEG 2 multi-channel bitstream and, *even in the case that the original source material was not coded with the Prologic compatible matrix,* a Prologic downmix will be made.
Therefore in the DVD source/decoder matrix will change to:

Source: \ Decoder:	2 ch DVD	5 + 1	7 + 1
Stereo	Stereo	Stereo	Stereo
Prologic	Prologic	Prologic	Prologic
5 + 1	Prologic	5 + 1	5 + 1
7 + 1	Prologic	5 + 1	7 + 1

Figure 10 shows that an existing Prologic decoder can be applied with a basic DVD player to provide surround sound. A DVD player equipped with a multi-channel MPEG 2 decoder can provide on itself provide the decoded output signals.

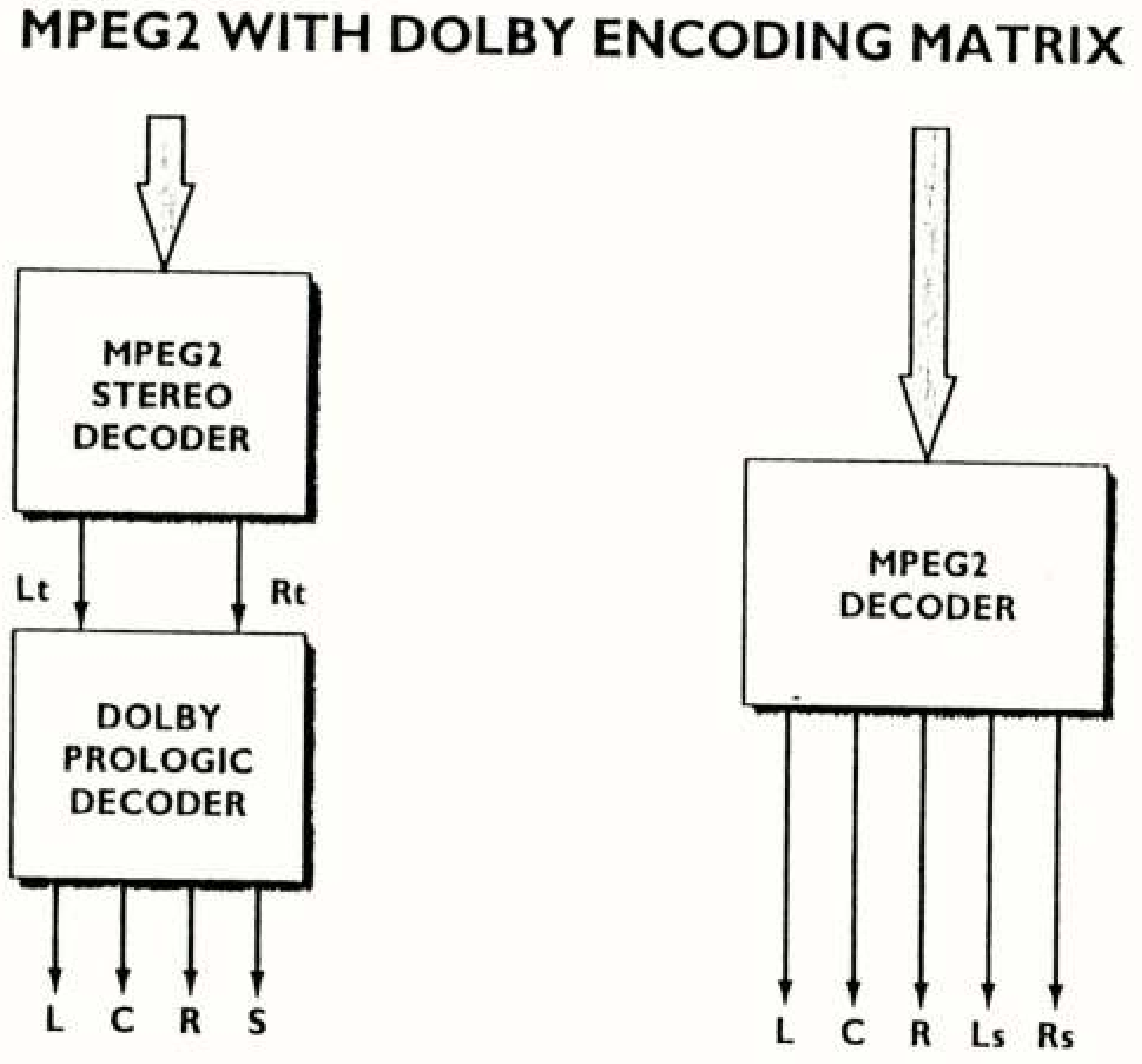


Figure 10. Decoding of multi-channel MPEG 2 sound in DVD players.

Conclusion

MPEG 2 offers the best possible system for multi-channel surround sound, as:

- it provides forward and backward compatibility with major surround sound systems.
- it provides forward and backward compatibility with existing stereo material.
- it is the most efficient encoding method for compressed multi-channel audio, as it achieves the highest audio quality at the lowest bit consumption, due to the sophistication of the algorithms and use of variable bit-rate.
- it is low cost:
  - through use of straight forward, well understood algorithms,
  - a wide availability of encoder know how and numerous encoding companies,
  - a less complex minimum (stereo) decoder: there is no need to regenerate all channels, but simply decode the stereo information in the MPEG bitstream,
- it is an open, world-wide standard; there is no need to submit material and equipment for testing.

In addition, for applications such as DVD it offers:

- commonality with other ways of digital audio and video distribution: DVB, DAB, CATV, CDROM, Video CD, Telecommunications etc.
- freedom for the contents provider: royalty-free and many operational modes to choose a preferred encoding (2 ch, 5 + 1 ch, 7 + 1 ch, different bit-rates)
- effective variable bit-rate encoding for movie material, with its large variety of audio complexity: silence, speech, music, gunfights, thundering trains etc.

Voordracht gehouden tijdens de 445^e werkvergadering

NEDERLANDS ELEKTRONICA- EN RADIOGENOOTSCHAP

UITNODIGING NERG WERKVERGADERING 445

Datum:	25 april 1996
Locatie:	Evoluon
Adres:	Noord Brabantlaan 1a
Plaats:	5652 LA Eindhoven
Tijdstip:	19.30 - 22.00 uur

Onderwerp
De opvolger van de CD

In het kader van het jubileumjaar zal het frequentiespectrumdoorlopen worden. In deze tiende werkvergadering in het jubileumjaar, georganiseerd door AES, zal aandacht besteed worden aan een aantal belangrijke aspecten die mede de toekomst van de CD zullen bepalen.

PROGRAMMA

19.30 Ontvangst deelnemers met koffie

20.00 DVD Physical format en data format.
Dr. J.P.J Heemskerk (Philips Components)

20.30 Operationele aspecten en productiehuizen
Ing. J. Middeljans (Philips Components)

21.30 Is Digitale Super HiFi mogelijk ?
E.C. Dijkmans (Philips Nat. Lab.)

22.00 Einde werkvergadering

Namens het NERG,

dr.ir.drs. E.F. Stikvoort
ir. W. van der Bijl (programmamanager NERG)

NEDERLANDS ELEKTRONICA- EN RADIOGENOOTSCHAP

UITNODIGING NERG WERKVERGADERING 446

Datum:	29 mei 1996
Locatie:	TU Delft, faculteit der Elektrotechniek
Zaal:	Staat in de aankomsthal aangekondigd
Adres:	Mekelweg 4
Plaats:	Delft
Tijdstip:	13.00 - 18.00 uur

Onderwerp
Radartechnologie en Antennes

In het kader van het jubileumjaar zal het frequentiespectrumdoorlopen worden. In deze elfde werkvergadering in het jubileumjaar zal aandacht besteed worden aan het onderzoek naar de ontwikkeling van radar en antennes. Daarnaast zal de uitreiking van de Vederprijs plaatsvinden.

PROGRAMMA

11.00 Mogelijkheid voor bezoek aan Studieverzameling faculteit der Elektrotechniek

13.00 Ontvangst deelnemers met koffie

13.25 Opening door de voorzitter.

13.30 Clutteronderdrukking in de algemene rondzoekradars
Prof.ir. P. van Genderen (TU Delft/ Hollandse Signaalapparaten)

14.15 PHARUS; State-of -the art polarimetrische radar met synthetische apertuur
Ir. P.J. Koomen (TNO-FEL)

15.00 koffie

15.30 SMART-L; een geavanceerde volume rondzoekradar
G. Dedden (Hollandse Signaalapparaten).

16.15 Uitreiking Vederprijs

17.00 E-kafee

18.0 Sluiting

Namens het NERG,

ir. C. Wissenburgh
dr.ir. A.P.M. Zwamborn
ir. W. van der Bijl (programmamanager NERG)

CLUTTERONDERDRUKKING IN ALGEMENE RONDZOEKRADARS

Prof.ir P.van Genderen
TUDelft-IRCTR /
Hollandse Signaalapparaten BV



Summary.

Clutter suppression in general surveillance radar.
In the classical theory of detection, the detection procedure including the receiver optimizes the signal-to-noise ratio at the output. This leads to the matched filter design, initially developed for white, Gaussian noise, but also adapted for colored Gaussian noise. The output is compared to a threshold, which has been developed according to the likelihood ratio. Due to lack of prior knowledge the general likelihood test is simplified to a Neyman Pearson approach. This approach is common in general surveillance radar. Due to the increase in sensitivity of state-of-the-art radars, this approach is no longer adequate. Radars tend to show all kind of objects, which they should detect from the classical point of view, i.e that the objects reflect signals emitted by the radar at a level distinguishable from noise. Many of those objects however are of no interest to the users of the radarinformation and are considered by them as being false alarms or clutter.
The paper reviews the classical approach. Procedures, able to adapt the processing and/or the radar waveform to optimize the contrast between the background and the interesting targets are then presented. The paper finally proposes adaptive schemes relying on techniques which bear similarity to image processing in the sense that features are extracted from the radarvideo. These features then are compared with those known from the objects to be detected and subsequently the hypothesis is tested that the object of concern is either wanted or not.

1. Inleiding.

De radarafstandsformule (1) presenteert de relatie tussen een aantal basis grootheden van radartoestellen en de afstand waarop objecten nog gedetecteerd kunnen worden. Uit deze relatie blijkt dat de kans op detectie van een object met een effectieve radardoorsnede (Radar Cross Section -RCS) van 10 m² op zekere afstand R even groot is als die van een object met een RCS van 10^{-3} op een afstand van 0.1 R (atmosferische effecten daar gelaten).

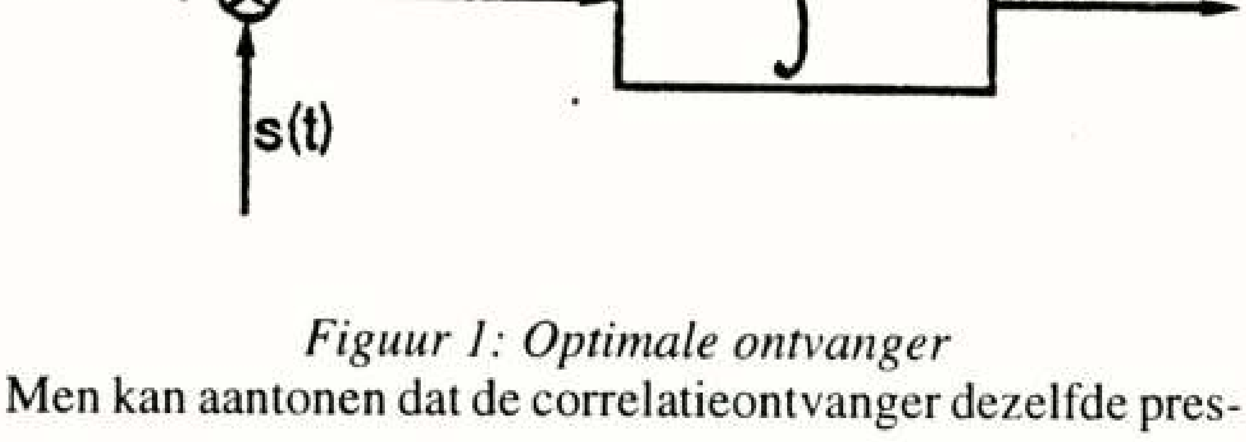
$$R^4_{max} = \frac{P_t . G^2 . \lambda^2 . \sigma}{(4\pi)^3 S_{min} L} \qquad (1)$$

P_t: het uitgezonden vermogen
G: de antennegain, in een monostatische opstelling gelijk voor zowel zenden als ontvangen
λ : de golflengte
σ de RCS van het object
S_{min}: de minimale signaal/ruis verhouding die nodig is voor een bepaalde detectiekans
L : de geaccumuleerde verliezen (golfpijpdelen, propagatie, ...)

De klassieke detectietheorie optimaliseert de zogenaamde likelihood ratio (aannemelijkheids-verhouding). Deze theorie is gebaseerd op het testen van de hypothese H_0: r(t)=n(t) tegenover de alternatieve hypothese H_1: r(t)=s(t)+n(t). Hierin representeren r(t) het ontvangen signaal, s(t) een verzwakte en in fase cq frequentie enigszins veranderde replica van het uitgezonden signaal en n(t) witte ruis met een Gaussische amplitude verdeling. De maximum likelihood ratio λ (**r**) toetst of de kans dat H_1 waar is (gegeven de waarnemingen van r(t)) groter is dan de kans dat H_0 waar is. (2) Voor de maximum likelihood ratio geldt λ_0=1. Indien ook nog de kosten van goede en foute beslissingen worden meegerekend is in het algemeen $\lambda_0 \neq 1$.

$$als \quad \lambda(r) = \frac{p_1(r_1,r_2,\ldots,r_m)}{p_0(r_1,r_2,\ldots,r_m)} \geq \lambda_0 \quad neem\ dan\ H_1 \qquad (2)$$

Uitwerking van deze toets vereist voorkennis over de kans op het aanwezig zijn van een object. In de rondzoekradar toepassing is dat gegeven niet beschikbaar, en valt de methode terug tot de Neyman Pearson benadering, waarbij tevoren een toegestane loos alarm kans P_{fa} wordt gespecificeerd. Vervolgens wordt de detectiekans gemaximaliseerd.[1,2]. Dit principe is geillustreerd in figuur 1, ook wel de optimale of correlatie ontvanger genoemd.



Figuur 1: Optimale ontvanger

Men kan aantonen dat de correlatieontvanger dezelfde pres-

tatie levert als een lineair filter waarvan de impulsresponsie een gespiegelde en tijdvertraagde versie is van het uitgezonden signaal:

$$e(t) = \int_0^T r(t)h(t)dt \qquad (3)$$

$$met \quad h(t) = s(T-t)$$

Het zo gedefinieerde filter wordt wel het *matched filter* genoemd. De overdrachtsfunctie van dit filter is

$$H(j\omega) = e^{-j\omega T} S^*(j\omega) \qquad (4)$$

Men kan de correlatie ontvanger ook op een andere wijze afbeelden, zoals gedaan in figuur 2.

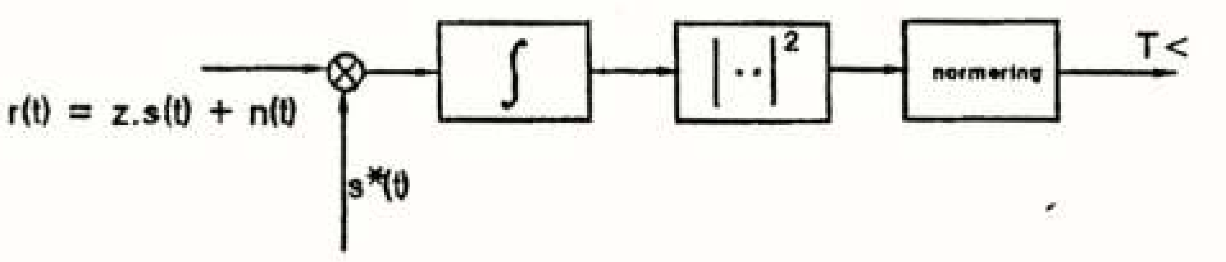
De kansverdeling voor een sinusvormig signaal met onbekende fase en amplitude A in Gaussische ruis wordt (5), zie [2]:

$$p(x) = \frac{1}{2\sigma^2} \exp[-\frac{1}{2\sigma^2}(x+A^2)] \, I_0(\frac{A\sqrt{2}}{\sigma^2}) \qquad (5)$$

Het interessante geval doet zich voor dat de achtergrond ruis niet meer een "wit" vermogensspectrum heeft, maar een zekere kleuring. De oplossing verkregen via het matched filter voldoet dan niet zonder meer. Men kan dan bijvoorbeeld eerst een witmakend filter toepassen ("prewhitening") opdat daarna aan de randvoorwaarden voor het matched filter is voldaan. De overdrachtsfunctie van de combinatie van het witmakende filter en het matched filter is gelijk aan (6).

$$W(j\omega) = \frac{S^*(j\omega)\, e^{-j\omega T_0}}{S_n(\omega)} \qquad (6)$$

met de $S_n(\omega)$ Fouriergetransformeerde van de autocorrelatiefunctie van de gekleurde ruis.
Het moet gezegd zijn dat deze benadering voorbij gaat aan de vraag of een dergelijk filter realiseerbaar is, onder de conditie van causaliteit.



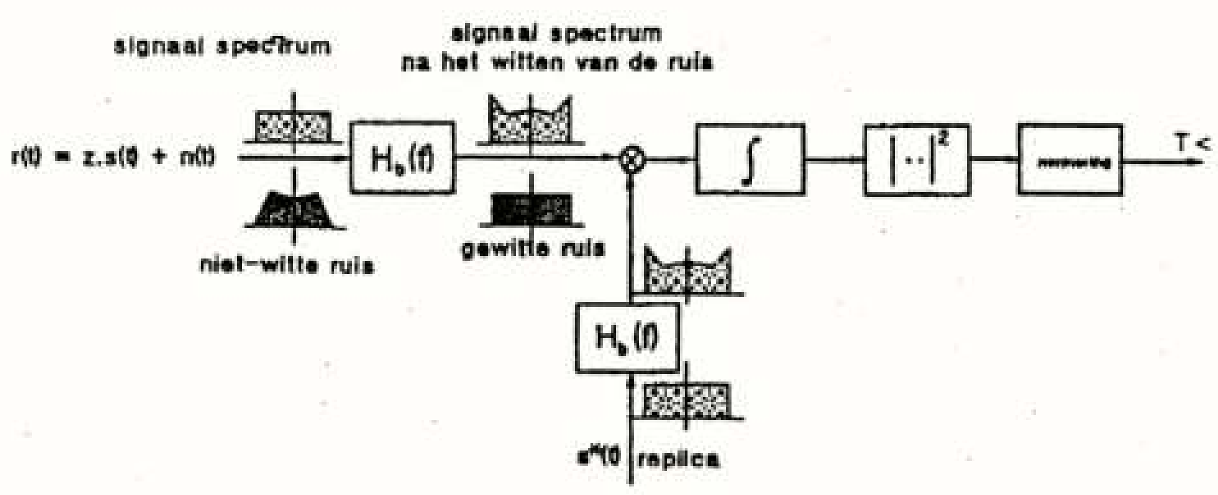
Figuur 2: Blokschema van correlatie ontvanger De ruis is "wit".

In termen van de correlatie ontvanger kan naar analogie van figuur 2 nu een ontvanger voor detectie van objecten tegen een achtergrond van gekleurde ruis beschreven worden zoals getoond in figuur 3.[2,3]

Wellicht ten overvloede zij opgemerkt dat dit type ontvanger de signaal/ruis verhouding aan de uitgang van de detector maximaliseert.

Een identiek proces als hiervoor beschreven laat zich indenken voor het geval de achtergrond uit stationaire clutter bestaat met een vermogensspectrum $S_c(j\omega)$.

Deze afleiding is gebaseerd op smalband radarsystemen. De bijbehorende ontvanger scheidt de draaggolf en de modulatie daarop. De informatie over het object zit in de modulatie en niet zozeer in de draaggolf. Vooruitlopend op hoofdstuk 3, zij hier gestipuleerd dat de sterkte van oppervlakte- en volumeclutter (land- en zeeclutter resp. regenclutter) mede afhangt van de omvang van de radarresolutiecel. Naarmate deze kleiner is, zal een puntdoel met een gunstiger signaal/clutterverhouding gezien worden.



Figuur 3 Correlatie ontvanger voor detectie van objecten. De ruis is "gekleurd"

2. De RCS van objecten.

De effectieve radardoorsnede (RCS) van objecten is van vele factoren afhankelijk. Allereerst uiteraard van de kenmerken van het object zelve, zoals zijn samenstelling en zijn geometrie. Daarnaast doen ook de radarparameters zoals de golflengte en de polarisatie er toe. In tabel 1 is voor een radar die met een golflengte van 0.1m opereert de RCS van een aantal objecten weergegeven.[4]

Object	RCS (m^2)
Klein vliegtuig	1
Middelgroot verkeersvliegtuig	10
Groot verkeersvliegtuig	100
Automobiel	100
Vogel (1 spreeuw)	0.001
huis	1000
mens	1

Tabel 1: Enkele waarden van de RCS

Deze tabel en de introducerende opmerkingen naar aanleiding van de radarafstandsformule benadrukken dat een radar die ontworpen is om op 100 km een middelgroot verkeersvliegtuig te detecteren tezelfdertijd ook vogels op kortere afstand zal vinden. Figuur 4 toont een illustratie van wat het resultaat kan zijn gedurende de vogeltrek. De radar waar het hier om gaat is ontworpen op basis van de klassieke theorie van de optimale detectie. Uit deze figuur is

ook duidelijk dat, waar de radar deze massale hoeveelheden objecten (terecht) detecteert, de gebruiker-verkeersleider een onwerkbaar beeld aangeboden krijgt. De term "clutter" zou men niet alleen, zoals meer gebruikelijk, voor de echo's van grond, regen of zee moeten gebruiken, maar voor alle echo's die de radar terecht detecteert edoch die voor de gebruiker ongewenst zijn. Niet alleen vogels behoren daartoe, maar naar gelang van de plaatsing van de radar en waar hij voor gebruikt moet gaan worden, ook automobielen, windmolens, zandstormen, hovercraft, ...



Figuur 4: Vogels gedetecteerd door een rondzoekradar De figuur toont de superpositie van een 50-tal antenne-omwentelingen

Uit deze beschouwing moge blijken, dat in de huidige ontwerpen van radar de klassieke matched filter benadering niet meer voldoende is om radars te laten voldoen aan normale eisen voor gebruik.

3. Verkleining van de radarresolutiecel.

In hoofdstuk 1 is aan gegeven dat theoretische methoden om signalen te detecteren resulteren in het "matched filter" en dat detectie van objecten tegen een achtergrond van gekleurde ruis tot stand kan kommen via het "wit maken" van de ruis. Onderdrukking van clutter is daar in dezelfde processingstrategie geplaatst.

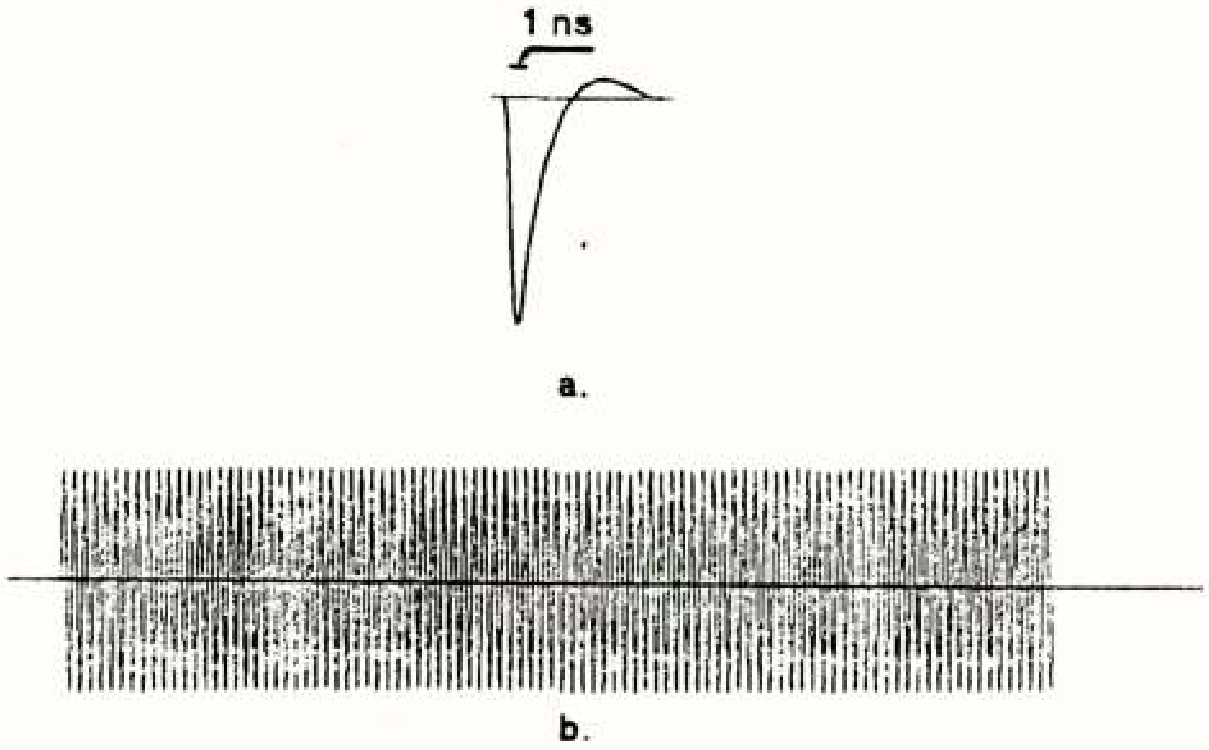
Er zijn andere belangrijke radarparameters die de detecteerbaarheid tegen een achtergrond van clutter beinvloeden. een concept dat momenteel in de belangstelling staat, is gebaseerd op Ultra-breedband radar technieken. Men moet hierbij aan afstandsresoluties van de orde van 10 ns (1.5m) denken.

Noot: De term "Ultra-breedband" is enigszins willekeurig. De Amerikaanse Defense Advanced Research Project Agency (DARPA) heeft gedefinieerd dat een radar Ultrabreedband heet te zijn, als de fractionele bandbreedte

$$\frac{2\ (f_H - f_L)}{f_H + f_L}$$ groter is dan 0.25.

Zulke korte pulslengtes leiden tot een radar resolutiecel die weinig oppervlakte- of volumeclutter bemeet. Doordat de meeste gewenste objecten groter zijn dan de pulslengte is het mogelijk om een beeld te vormen van deze objecten. Dit beeld beschrijft de distributie van de verstrooiers op het object over de zichtlijn naar de radarantenne.

De Ultra-breedband radar kent een golfvorm die niet meer een modulatie op een draaggolf is, maar die de (gemoduleerde) draaggolf zelf is. Zie ter illustratie figuur 5. Men spreekt wel over videoradars of basisband radars.



Figuur 5. Illustratie van de golfvormen van smalband en ultra-breedband radar
a. golfvorm van smalband radar
b. golfvorm van ultra-breedband radar

Omdat gedurende het proces van emissie, reflectie en ontvangst de verschillende signaalfrequentiecomponenten op een eigen manier worden beinvloed, verandert de signaalvorm tussen de momenten van signaalopwekking en signaaldetectie. Ook is de ruiskarakteristiek niet meer genormaliseerd door smalband filters. Toepassing van het matched filterconcept en de kwadratische detector, zoals weergegeven in figuur 2 zijn daarom niet meer zonder problemen. Zou men het ultra-breedband radarsignaal meten als één bemonstering van een sinusvormig signaal met onbekende fase dat gesuperponeerd is op Gaussische ruis, dan vindt men volgens [2] als kansverdeling van de gemeten waarde (men meet bipolair):

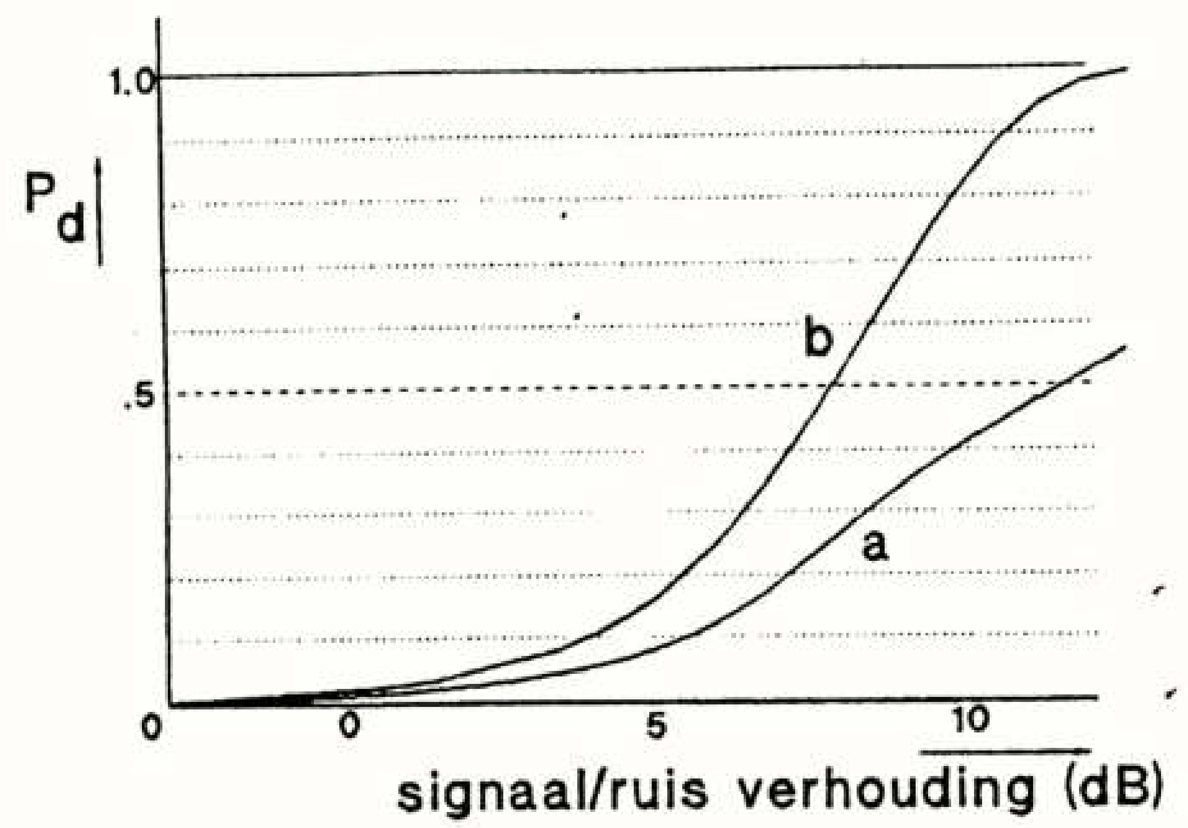
$$p(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \sum_{k=0}^{\infty} \frac{(-x^2/(2\sigma^2))^k}{k!} \ {}_1F_1(k+\frac{1}{2};1;-\frac{A^2}{2\sigma^2}) \quad (7)$$

met

$${}_1F_1(a;b;x) = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(a)_n}{(b)_n} \frac{x^n}{n!}$$

$$(a)_n = a.(a+1).(a+2)....(a+n-1) \quad \text{en} \quad (a)_0 = 1$$

Figuur 6 toont een vergelijking tussen de kans op detectie volgens dit mechanisme (alleen de signaalwaarde van het ultra-breedband ontvangersignaal is bemonsterd) en volgens de beschrijving van hoofdstuk 1 (kwadratische detectie van smalband ontvangersignaal) bij dezelfde loos alarm frequentie. Daaruit blijkt dat detectie van ultrabreedband signalen grotere verliezen oplevert dan de vierkantswet.



Figuur 6.
Vergelijking van de detectiekansen voor
a. één bemonstering van een sinus met random fase plus ruis
b. gekwadrateerd omhullende gedetecteerd video, plus ruis

De theorie (en de techniek) voor detectie in ultra-breedband radars is nog in ontwikkeling. Het meest concreet op dit moment lijken technieken waarbij op grond van de (bipolaire) amplitude van het ontvangersignaal een uitsnede uit het video wordt gehaald. Deze uitsnede wordt vervolgens via een aantal modellen geanalyseerd. Deze modellen houden rekening met de vervorming van het signaal tussen de momenten van opwekking en ontvangst door de radartoestellen en door propagatie en reflectie aan objecten. De modellen zijn dus gebaseerd op voorkennis van de te detecteren objecten. [5].

Over de mate waarin clutter -in de ruime zin- zich al dan niet gemakkeljk laat onderscheiden van gewenste doelen zijn nog geen onderzoeksresultaten bekend.

4. Gebruik van voorkennis.

4.1 Gebruik van voorkennis over doelsechokenmerken.

Momenteel zijn methoden in ontwikkeling waarbij van een signaal dat voldoet aan het detectiecriterium op basis van de signaal/ruis verhouding een aantal kenmerken wordt gemeten, die vervolgens worden vergeleken met die van gezochte objecten. De uitwerking van deze methoden kan op probabilistische methoden gebaseerd zijn, maar ook op "possibilistische".

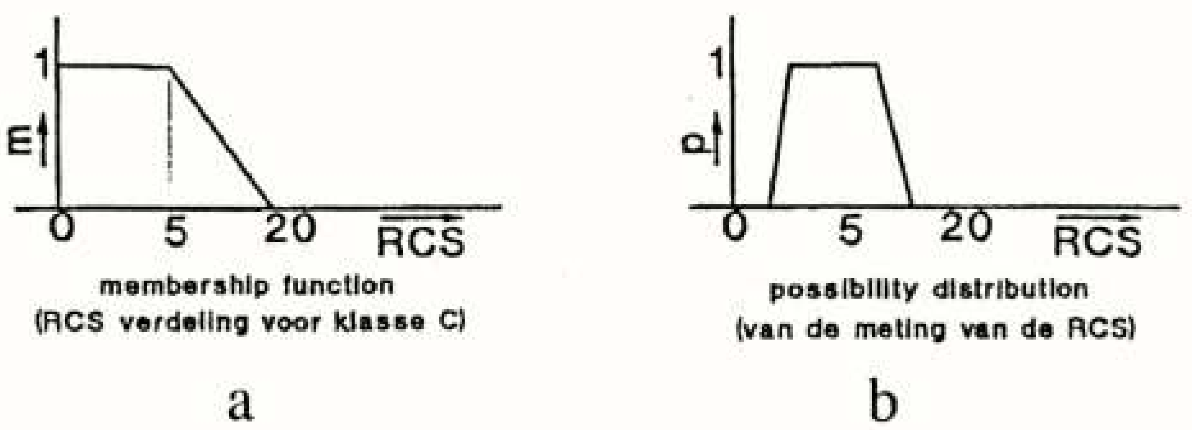
In de **probabilistische** (of ook wel statistische) methoden wordt voorkennis omtrent de kenmerken van doelen uitgedrukt in kansen. Zo representeert $P(C|M)$ de kans dat het object tot klasse C behoort, gegeven de waarnemingen vector **M**. Voor C kan men zich de klasse van "vliegtuigen" indenken, of "helicopters", of "vogels", etc. Deze kans $P(C|M)$ kan men via een aantal deel-waarnemingen afleiden uit

$$P(C|M) = \frac{P(M|C).P(C)}{\sum_i P(M|C_i).P(C_i)} \tag{8}$$

Hierin is $P(C)$ de *a priori* kans dat het object tot klasse C behoort en $P(C|M)$ de *a posteriori* kans, gegeven de waarneming **M**. is de kans op het optreden van het meetresultaat **M**, als het object tot klasse C behoort.
Men berekent $P(C|M)$ voor iedere C. Is een waarneming onvoldoende, dan kan een volgende gedaan worden. Bij de uitwerking van de nieuwe $P(C|M)$ geldt de vorige $P(C|M)$ als *a priori* waarde van $P(C)$.
Als meetgrootheden kan men denken aan de radardoorsnede (RCS), die dan terug gerekend moet worden uit de ontvangen energie. Verder kan men denken aan de Dopplerverschuiving, het Dopplerspectrum, aan de vorm van een echo etc.

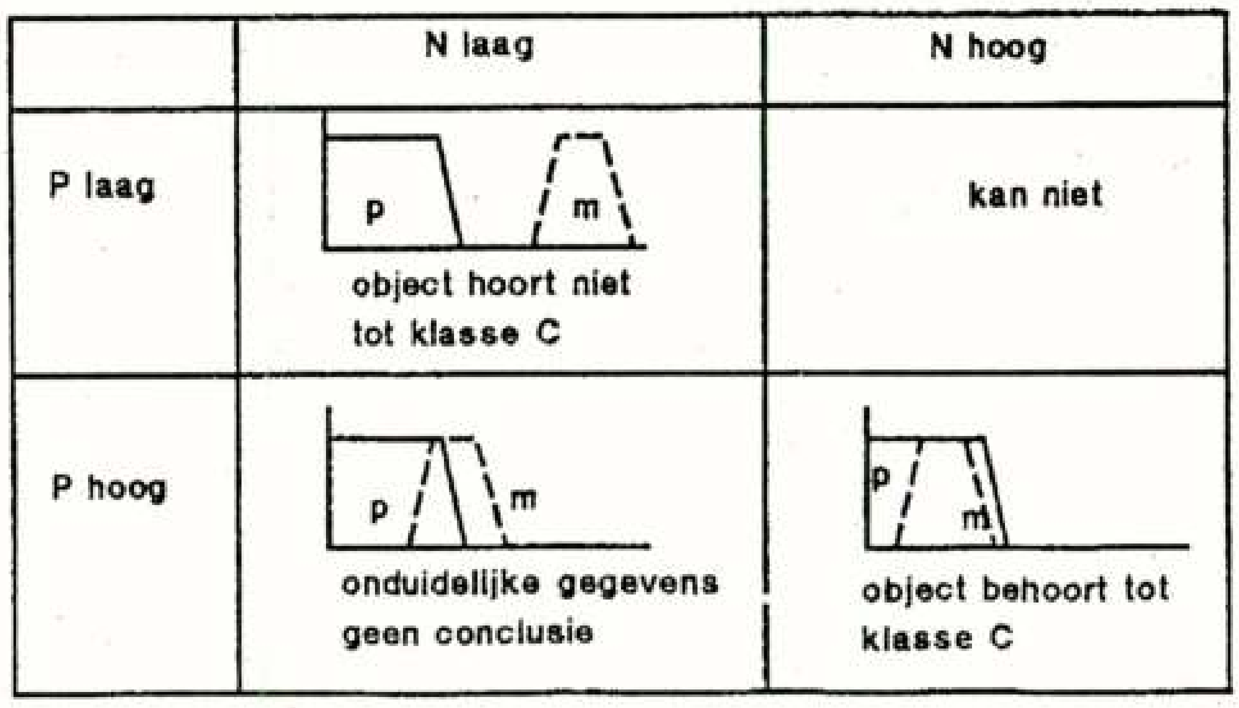
Naast deze bewerkingen, die toegepast worden op elke detectie, is het ook denkbaar de kans $P(C|M)$ over langere tijd op te bouwen. Dat wil zeggen dat gegevens moeten worden geïntegreerd van omwenteling tot omwenteling van de antenne in de zogenoemde tracking. Uiteraard wordt het besluit over de klasse waartoe een object wordt gerekend dan uitgesteld totdat voldoende zekerheid is verkregen.

De **possibilistische** methoden [6] onderscheiden zich van de probabilistische doordat niet meer met het begrip "waarschijnlijkheid" wordt gerekend maar met "mogelijkheid" en "noodzaak". Possibilistische methoden zijn verwant aan de theorie van de vage verzamelingen (fuzzy sets). Het volgende voorbeeld tracht van de werkwijze een illustratie te geven. Stel figuur 7a geeft de lidmaatschapsfunctie (membership function) van de radardoorsnede van verkeersvliegtuigen. Deze waarde m van deze functie geeft aan welke-radardoorsneden voorkomen bij objecten in klasse C. Stel nu dat een meting wordt verricht van de ontvangen echoenergie. Deze wordt vertaald naar een radardoorsnede, maar door de doelsscintillatie en onzekerheid over propagatie effecten leidt deze vertaling tot enige onzekerheid over de werkelijke radardoorsnede. Figuur 7b geeft de mogelijkheidsverdeling weer van de radar-doorsnede, waarbij de onzekerheid tot uiting komt in een zekere breedte van de mogelijkheidsverdeling.



Figuur 7
a) de membership function voor de RCS van klasse C
b) de mogelijkheidsverdeling van de RCS

De mogelijkheid (possibility), P, dat een object tot klasse C behoort wordt nu berekend door voor alle waarden van de radardoorsnede de kleinste van m en p te bepalen en daarvan de grootste te onthouden: P = sup min (m(RCS), p(RCS)) voor alle waarden van RCS. In dit voorbeeld is P=1. De noodzaak (necessity), N, dat een meting past bij een lidmaatschapsfunctie volgt uit N = inf max (m(RCS),1-p(RCS)) voor alle waarden van RCS. Ofwel: neem voor alle RCS de grootste van m en (1-p) en behoudt de kleinste gevonden waarde. In het voorbeeld is dat 0.5. Dit proces voert men uit over alle klassen C. Het object wordt toegekend aan die klasse waarvoor de hoogste N is gevonden.



Figuur 8
Verband tussen P, N en de aard van het besluit

In twijfelgevallen (gelijke N) neemt men van de klassen waarvoor de hoogste N is gevonden, die waarvoor de P het hoogst was. Figuur 8 geeft schematisch weer welke relaties er tussen P en N kunnen bestaan en het bijbehorende besluit.

De mate van succes van dit soort algoritmen is nog onduidelijk. Verwante methoden worden inmiddels wel toegepast in de tracking.

4.2 Gebruik van voorkennis omtrent de omgeving van de radar.

Tot dit type voorkennis behoort informatie van de landkaart, luchtvaartkaarten met o.a. luchtroutes, windmolens, terreinen van zware industrie, hooggelegen viaducten,.... men deelt het radardekkingsgebied op in cellen en projecteert de voorkennis op deze cellen.
Vervolgens kan men volgens vergelijkbare methoden als in hoofdstuk 4.1, waarbij de externe informatie als a priori informatie bekend is, de kans resp noodzaak of mogelijkheid uitrekenen dat een object tot een zekere klasse moet worden gerekend. Een voorbeeld van een architectuur waarin zowel op het niveau van de object detectie als de tracking voorkennis wordt verwerkt is weergegeven in figuur 9 [7].

Ook op dit gebied, waarbij niet-numerieke (=symbolische) informatie moet worden verwerkt en moet worden gefuseerd met numerieke zijn nog belangwekkende ontwikkelingen gaande.

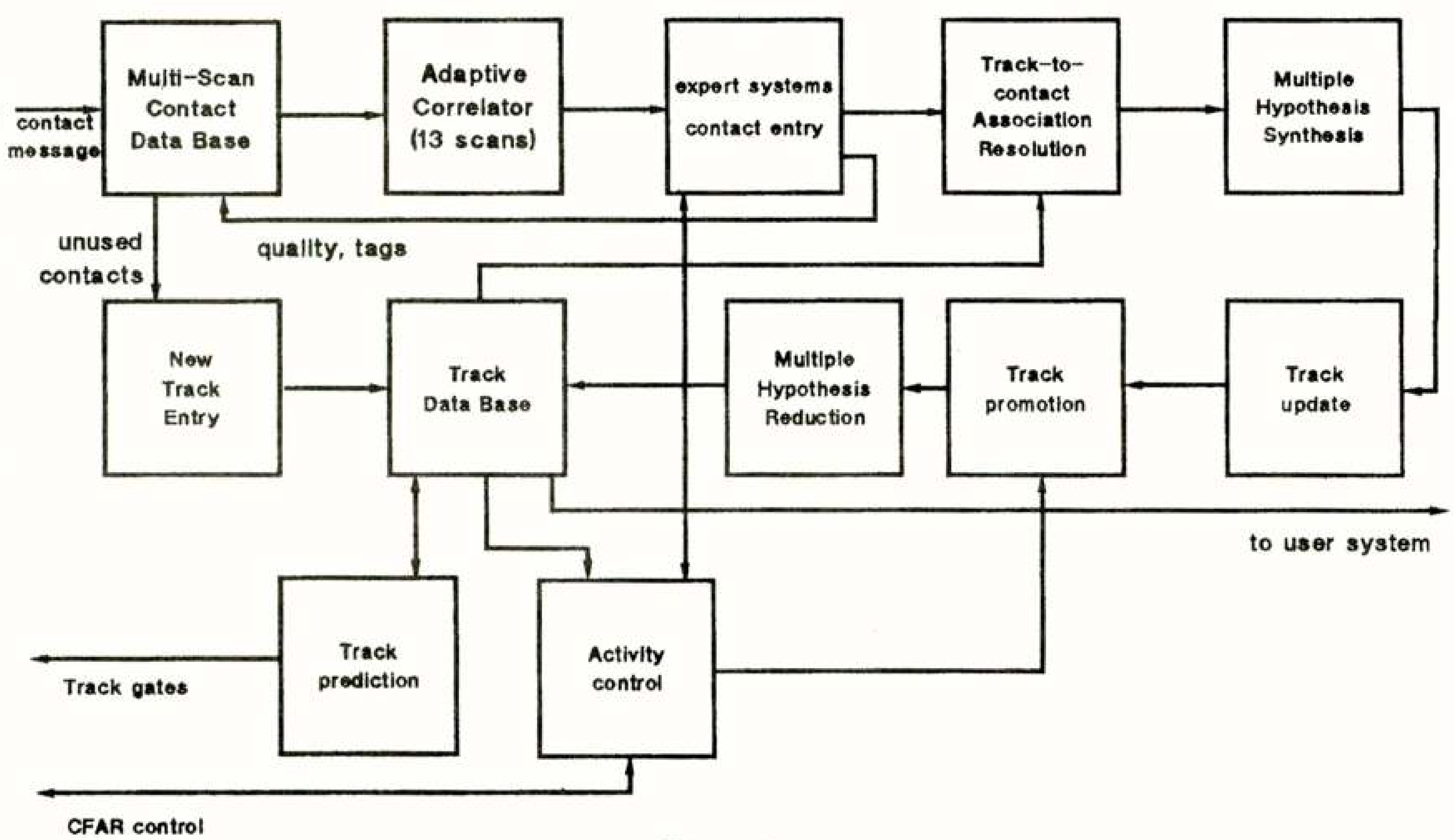
5. Slotbeschouwing

Het voorgaande betoog toont dat het begrip "clutter" een brede interpretatie kent. De klassieke methoden voor optimale detectie van objecten zijn niet toereikend om de gebruikers van de radar een voldoend betrouwbare presentatie te geven van de objecten waarin hij is geinteresseerd. Een aanzienlijke verbetering is mogelijk door de klassieke methoden aan te vullen met procedures die gedetecteerde objecten indelen in klassen. De ongewenste objecten vormen daarbij aparte klassen, zodat de gebruiker daarmee niet behoeft te worden vermoeid.

De beschreven methoden waarmee de toekenning aan een klasse kan worden bewerkstelligd vallen in twee groepen uiteen: die gebaseerd op de kansrekening en die verwant met de vage verzamelingen. De laatste geeft meer ruimte aan heuristiek.

De onderzoeksresultaten ten aanzien van detectiemogelijkheden die momenteel openbaar worden duiden op significante wijzigingen in de radararchitectuur. Een groot deel van de wijzigingen heeft te maken met de verschuiving van het eenvoudige detectieproces naar een classificatieproces.

In de onderhavige publicatie is niet getracht een limitatieve opsomming te presenteren van alle methoden voor detectie onder cluttercondities. Zeer vaak toegepast en hier slechts in hoofdstuk 1 genoemd, is een signaalbewerking gebruik makend van het Dopplerspectrum van objecten. Het resultaat van deze signaalbewerking kan zowel in de sfeer van



Figuur 9
Voorbeeld van toepassing van voorkennis

de directe onderdrukking van specifieke objecten als in het meten van objectkenmerken ten behoeve van later gebruik in classificatie liggen. Ook andere elementen uit de verstrooiingsmatrix, zoals de polarisatie, bieden mogelijkheden [8]. Verder kan men denken aan multi-frequentie concepten om doelen te karakteriseren. Voor sommige applicaties komt het concept van de Inverse Synthetische Apertuur Radar in aanmerking. Bovendien vindt fusie plaats tussen gegevens die verzameld zijn door de radar met gegevens uit andere bronnen. Kortom er bestaat een breed scala van mogelijkheden waarvan er hier slechts enkele konden worden beschreven.

Ten opzichte van het klassieke detectieproces doet zich de laatste jaren nog een interessante ontwikkeling voor uit het oogpunt van de instrumentatie: waar in het verleden het detectieproces een vaste hoeveelheid bewerkingen kende, ziet men steeds meer dat het aantal bewerkingen afhankelijk is van de aard van de objecten die de radar onder de gegeven omstandigheden tegen komt. Het beslag op de signaalverwerkingscapaciteit wordt data-afhankelijk.

Tenslotte is het gepast aan te stippen dat ook in andere toepassingen wordt gewerkt aan methoden van het hier aangeduide soort. Te denken is aan de remote sensing, aan beeldverwerking, aan systeemidentificatie en nog vele andere.

Referenties.

1. G.Galati: "Advanced radar techniques and systems", Peter Peregrinus, London, 1993
2. A.D.Whalen: "Detection of signals in noise", Academic Press, San Diego, 1971
3. F. Le Chevalier: "Principes de traitement des signaux radar et sonar", Masson, Paris, 1989
4. F.E.Nathanson: "Radar design principles, 2nd ed.", McGraw-Hill Inc, New York, 1991
5. I.J.Immoreev: "Radar observation using the ultrawideband signals (UWBS)", Proc.Intern. Radar Conf. 1994, Parijs.
6. D.Dubois en H.Prade: "Possibility theory. An approach to computerized processing of uncertainty", Plenum Press, New York 1988
7. M.Yu, M.Meyer, M.Byrne, H.Winston: "Advanced techniques for automatic surface search radar correlation and tracking", Proc. IEEE Intern. Radar Conf. '95, Washington, pp 299-303
8. R.J.Niemeijer: "Doppler-polarimetric radar signal processing", Delft University Press, Delft, 1996

Voordracht gehouden tijdens de 446e werkvergadering

NEDERLANDS ELEKTRONICA- EN RADIOGENOOTSCHAP

UITNODIGING NERG WERKVERGADERING 447

Datum:	11.12 of 13 juni 1996
Locatie:	Kernenergie-eenheid Borssele
Zaal:	Informatiecentrum
Adres:	Zeedijk 32
Plaats:	Borssele
Tijdstip:	13.00 - 16.30 uur

Onderwerp
Bezoek kernenergie-eenheid EPZ
Locatie Zeeland

In het kader van het jubileumjaar zal het frequentiespectrumdoorlopen worden. In deze laatste werkvergadering in het jubileumjaar zal aandacht besteed worden aan de toepassing van de hoogste frequenties in het spectrum door een bezoek aan de kernenergie eenheid van EPZ in Borssele.

PROGRAMMA

13.30 Aankomst informatiecentrum

13.45 Welkomstwoord

14.00 Inleidingen.

14.30 Rondleidingen door de kernenergie-eenheid

16.30 Einde bezoek

Namens het NERG,

ir. W. van der Bijl (programmamanager NERG)

NEDERLANDS ELEKTRONICA- EN RADIOGENOOTSCHAP

UITNODIGING NERG WERKVERGADERING 448

Datum:	4 juli 1996
Locatie:	Expeditieknooppunt PTT Post Utrecht
Zaal:	Ontvangstzaal 3^{e} etage
Adres:	Mineurslaan 30
Plaats:	Utrecht
Tijdstip:	17.00 - 22.30 uur

Onderwerp:

Sorteerproces Briefpost 2000 +

Bezoek Expeditieknooppunt PTT

Post Utrecht

PTT Post is in het kader van kostenreductie en kwaliteitsverbetering bezig de postverwerking vergaand te automatiseren. Een belangrijk onderdeel hierin is het, door inzetten van de nieuwste technologieën , optimaliseren van het sorteerproces. In deze werkvergadering zal PTT Post ingaan op dit vernieuwingsproject, aangeduid met de naam Briefpost 2000. Daarnaast zal een rondleiding plaatsvinden in het expeditieknooppunt Utrecht zodat een beeld van de automatische postverwerking kan worden verkregen.

PROGRAMMA

17.00 Ontvangst

17.30 Koud buffet

18.55 Opening door de voorzitter

19.00 Inleiding expeditieknooppunt + Video "Postgolf"
R. van Duist, PTT Post

19.30 Rondleiding expeditieknooppunt PTT Post Utrecht

21.00 Sorteerproces Briefpost-2000
ing. J.F. van Bilzem, PTT Post

22.00 Afsluiting met rondvraag

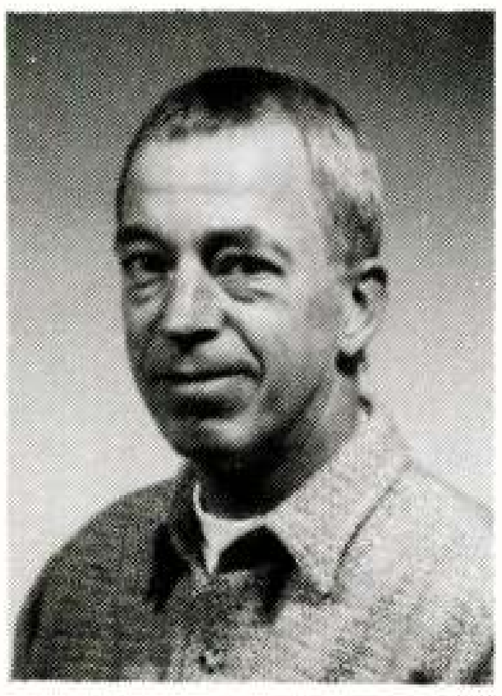
Namens het NERG,

ir. W. van der Bijl (programmamanager NERG)

BRIEFPOST 2000

ing. J.F. van Bilzem

PTT Post



Summary

In this article an overview is given of the starting points and the design of a new sorting system for lettermail.
The basic concept of the countrywide system for collection, sorting and distribution of mail is explained. Special attention is given to a new approach for the coding of address information: using "shared" means for coding coupled by a network with a "Coding Computer" and thus forming an integrated coding-sorting system.

Een proces in overgang

Gedurende de afgelopen periode van ca. 20 jaar was voor het Nederlandse systeem van de postverwerking het land onderverdeeld in 12 regionale gebieden. Daarbij heeft elk gebied een verwerkingscentrum, expeditieknooppunt (EKP) genoemd, waar de poststromen uit de betreffende regio bijeenkomen. Elk expeditieknooppunt heeft voor wat betreft de binnenlandse bestemmingen een dubbelfunctie: een verzamelfunctie en een distributiefunctie. Dat wil zeggen: op een expeditieknooppunt komen twee soorten post binnen. Het betreft namelijk post van het eigen gebied, verzameld uit de brievenbussen òf door zakelijke klanten direct aangeleverd èn het betreft post die van andere expeditieknooppunten afkomstig is en in het gebied moet worden bezorgd. Dit postproces is een dagelijks proces, waarbij de doelstelling is: vandaag gepost, morgen bezorgd
De verzamelde post met buitenlandse bestemmingen wordt verder door PTT Post International verzorgd.

Er is een aantal factoren die het noodzakelijk heeft gemaakt dit proces opnieuw te bezien. De belangrijkste overwegingen waren:

- er is een tendens van afnemende volumegroei van de briefpost; op termijn kan er zelfs een afname van het volume optreden.
- de stijgende loonkosten.

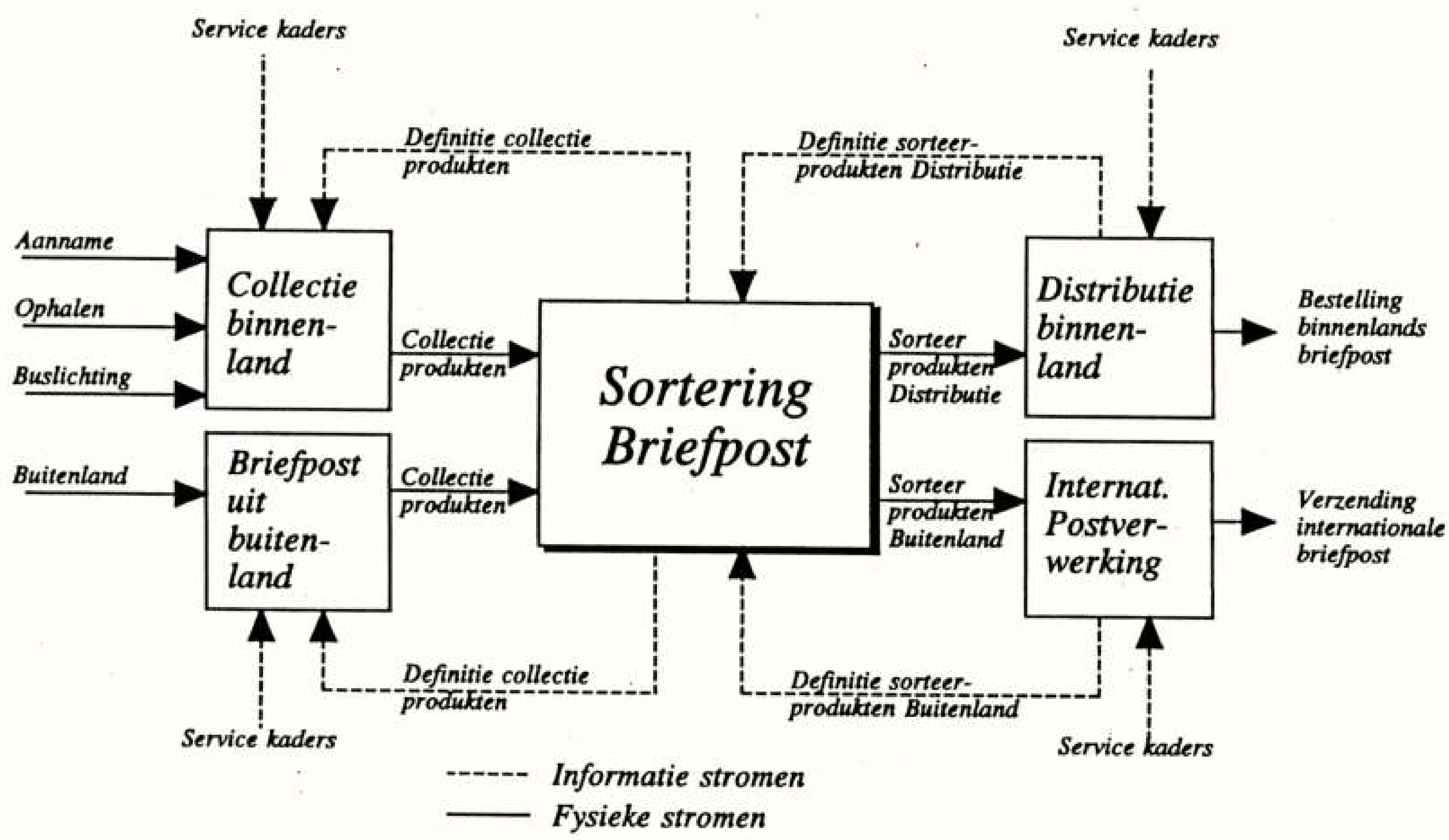
Geconcludeerd werd dat dit bij een ongewijzigd beleid zou leiden tot een winstdaling, en op termijn zelfs tot een verlies, bij het briefpostbedrijf.
Een uitgevoerde studie toonde aan, dat door vaststelling van het sorteerbedrijf van de toekomst beslissingen ten aanzien van investeringen en sociale gevolgen in het kader van het lange termijn beleid kunnen worden genomen.
Inmiddels is met dit sorteerbedrijf van de toekomst, 'Briefpost 2000' , een begin gemaakt.

Het sorteerproces

Figuur 1 geeft een schematische weergave van het sorteerproces.
Het proces wordt gevoed met briefpost die via buslichting, ophalen en aanname in de collectie-organisatie is verzameld. Door middel van sorteer- en transportprocessen wordt deze briefpost vervolgens in sorteerprodukten gegroepeerd en overgedragen aan de distributie-organisatie (binnenlandse bestemmingen) of aan PTT Post International (buitenlandse bestemmingen).
De distributie-organisatie en het sorteercentrum Buitenland zijn "afnemers" van het sorteerbedrijf en bepalen in principe welke sorteerprodukten moeten worden gemaakt, waar deze moeten worden afgeleverd en hoe laat (binnen welke servicekaders) ze daar beschikbaar moeten zijn.
Bij het ontwerpen van het nieuwe systeem is rekening gehouden met ca. 36.000 sorteerprodukten voor de distributie-organisatie en met ca. 20 sorteerprodukten voor het sorteercentrum Buitenland. Op basis van de gedefiniëerde sorteerprocessen stelt Sortering eisen aan de aanvoer en definiëert daartoe collectieprodukten en bijbehorende - op de servicekaders afgestemde - aanvoerpatronen, die door de collectie-organisatie bij de aanvoer moeten worden gerealiseerd.

Het sorteerproces zal worden uitgevoerd op zes sorteercentra. Ieder sorteercentrum kent een eigen verzorgingsgebied, waarop de sorteercapaciteit is afgestemd. De sorteerprodukten buitenland worden vanuit de sorteercentra rechtstreeks afgevoerd naar het sorteercentrum Buitenland in Amsterdam.
De in een bepaald verzorgingsgebied gecollecteerde briefpost kan een bestemming hebben in een ander gebied. Na een eerste sortering is daarom uitwisseling van een deel van de briefpost tussen de sorteercentra noodzakelijk.

Sortering Briefpost in de logistieke keten



Figuur 1

In figuur 2 zijn de lokaties van de sorteercentra en de onderlinge uitwisselingsrelaties aangegeven. Uitwisseling vindt rechtstreeks plaats met behulp van vrachtauto's.



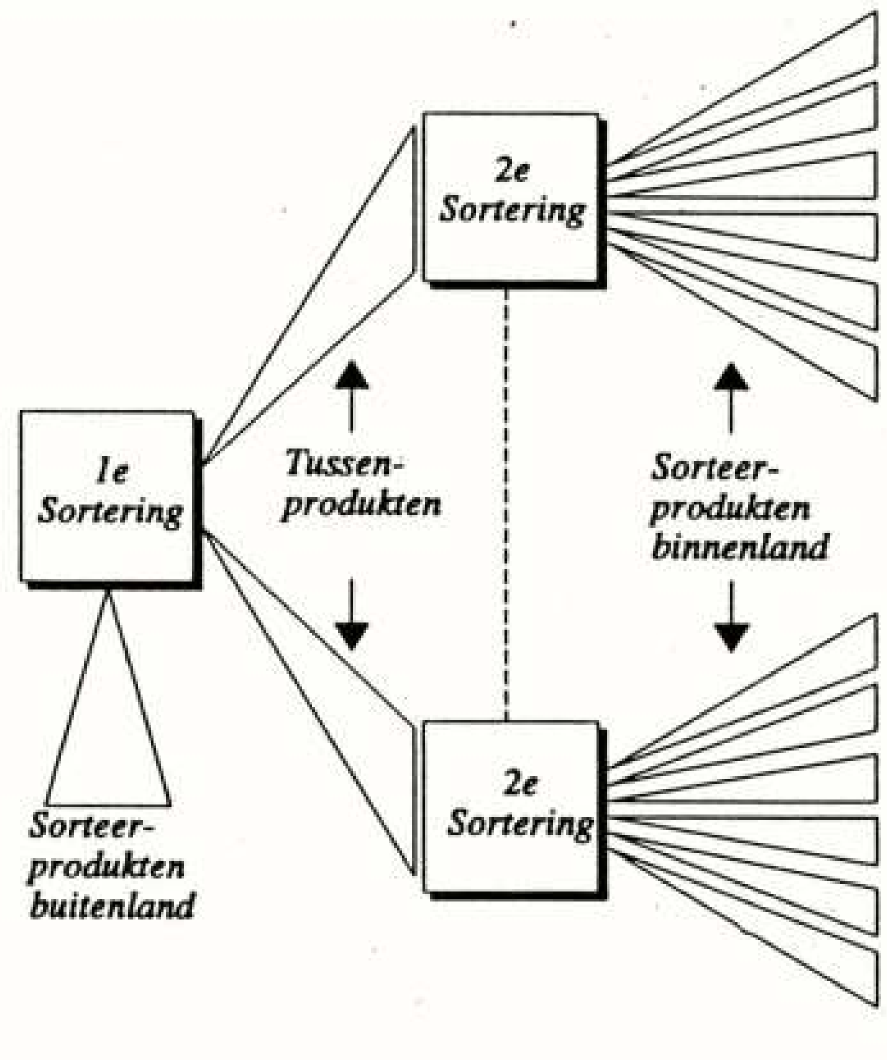
Figuur 2

Om de in totaal ca. 36.000 sorteerprodukten te kunnen maken, bestaat een volledige produktiecyclus uit twee sorteringen. De eerste sortering is op alle sorteercentra gelijk, waarbij voor zowel het eigen gebied, als voor alle andere verzorgingsgebieden tussenprodukten worden gemaakt, die onderling uitgewisseld kunnen worden. Naast deze tussenprodukten voor de binnenlandse post stroom worden tijdens de eerste sortering tevens de eindprodukten voor het sorteercentrum Buitenland gemaakt. Deze poststroom wordt verder door dit sorteercentrum verwerkt, waarbij zonodig een speciale, op het buitenland gerichte tweede sortering wordt uitgevoerd.

In de tweede sortering (binnenlandse bestemmingen) worden alle tussenprodukten uit de eerste sortering apart doorgesorteerd tot (een deel van) de uiteindelijk op te leveren sorteerprodukten. De tweede sortering bestaat dus feitelijk uit een groot aantal (gelijk aan het aantal tussenprodukten) verschillende sorteringen, die gezamenlijk het totaal van ca. 36.000 sorteerprodukten opleveren. Omdat ieder sorteercentrum alleen tussenprodukten verwerkt voor het eigen verzorgingsgebied, "maakt" ieder sorteercentrum in de tweede sortering alleen sorteerprodukten voor het eigen gebied.

Het verwerkingsprincipe is weergegeven in figuur 3.

Verwerkingsprincipe 1e en 2e Sortering



Figuur 3

Aanvoer van briefpost vindt overdag en in de vooravond plaats.
Voor partijenpost kunnen klanten kiezen voor het servicekader van bestelling binnen 48 uur; voor het overige geldt de 24-uurs service. Om sorteercapaciteit zo goed mogelijk te benutten sluit het sorteerbedrijf hierop aan met twee prodktiecycli per etmaal:

Dagproduktie:

bestaande uit een volledige eerste sortering 's-ochtends, gevolgd door de daarbij behorende tweede sortering in de middag. In de dagproduktie wordt de briefpost verwerkt die een dag eerder met een 48-uurs servicekader is aangeboden.

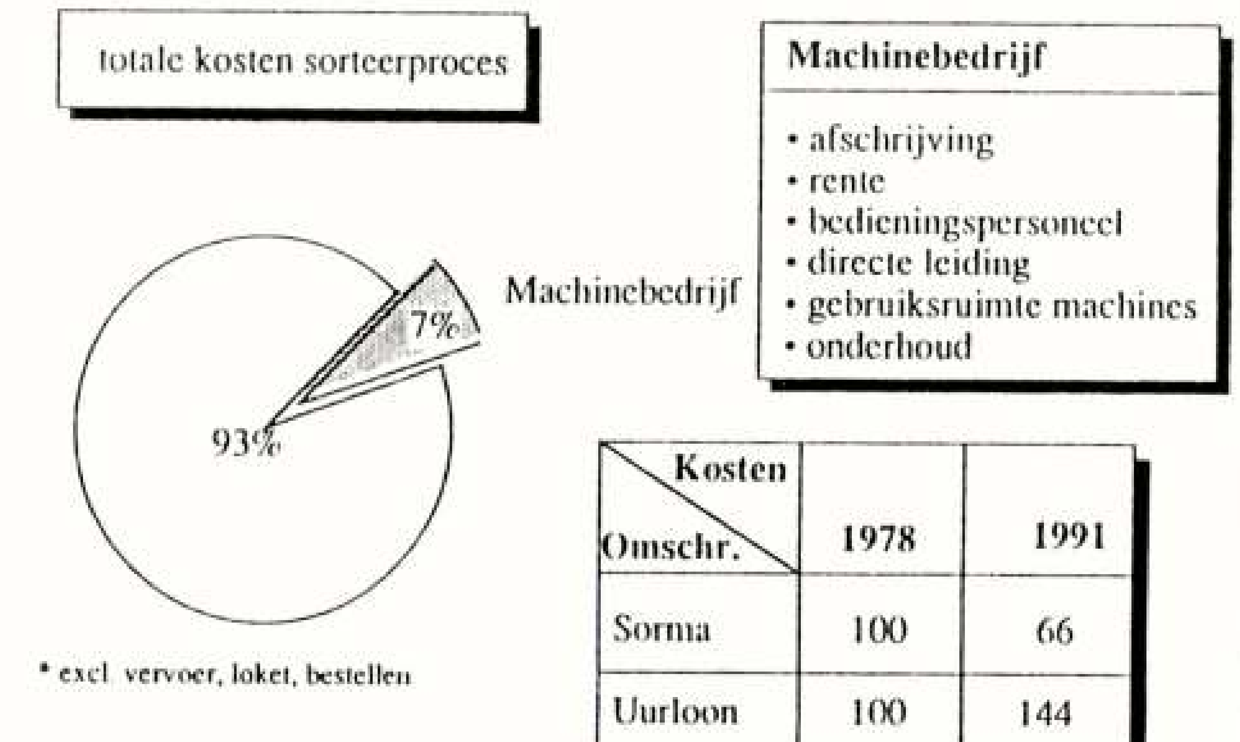
Nachtproduktie:

bestaande uit een volledige eerste sortering in de avond, gevolgd door een tweede sortering in de nacht. In dit proces wordt de briefpost verwerkt die dezelfde dag met een 24-uurs servicekader is aangeboden, alsmede alle losse post die via de buslichting of vanuit de postkantoren is gecollecteerd. Daarnaast kan - afhankelijk van planning, aanbod en beschikbare capaciteit - nog een restant van de 48 - uurs post uit de voorafgaande dagproduktie worden meegenomen.

In figuur 4 is een sorteerdag met de vier hoofdprocessen schematisch weergegeven. De sorteerprodukten buitenland, die tijdens de eerste sortering ontstaan, zijn hier weggelaten.

Analyse, doelstellingen.

In principe geldt het basisschema van figuur 1 ook voor het thans nog bestaande verwerkingssysteem. In dat bestaande systeem wordt de sortering voor een deel machinaal uitgevoerd. Het betreft de briefpost die qua afmetingen en gewicht (niet zwaarder dan 40 gram) geschikt is om met brievensorteermachines te verwerken. Partijenpost wordt doorgaans niet automatisch gesorteerd, omdat deze post reeds door de verzenders in een bepaalde voorsortering wordt aangeleverd. Eén en ander betekent dat in het huidige proces thans ca. 40% van het totale volume automatisch wordt gesorteerd. Het overige deel wordt handmatig verwerkt.
In figuur 5 is het kostenaspect van de sortering in beeld gebracht.

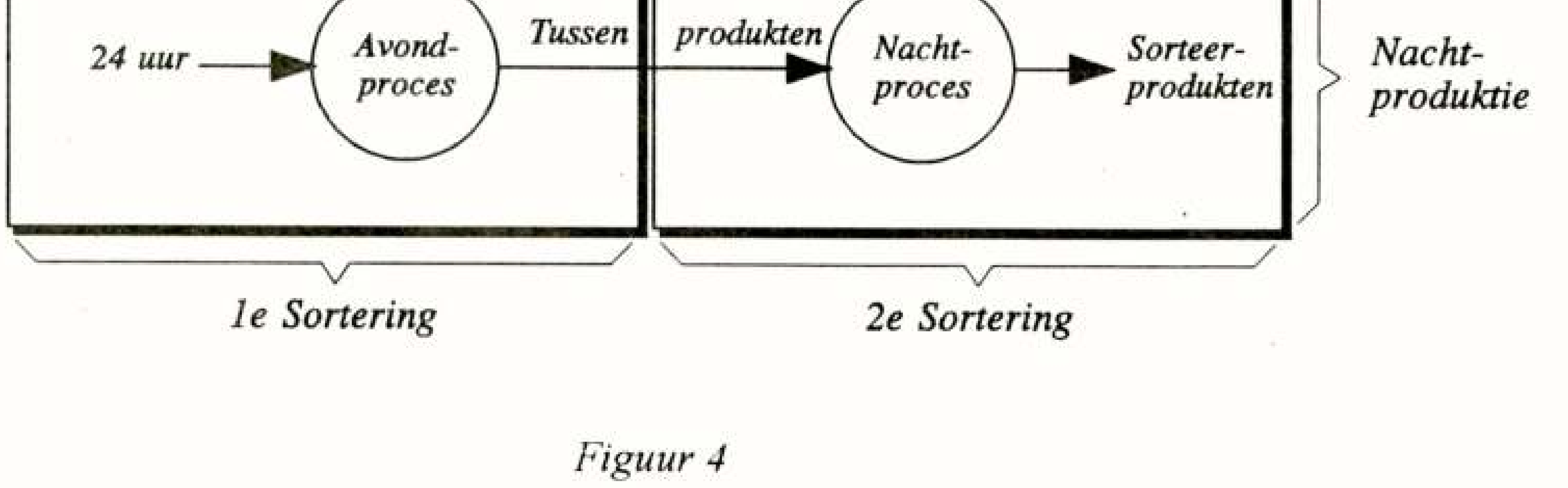


Kosten / Omschr.	1978	1991
Sorma	100	66
Uurloon	100	144

Figuur 5.

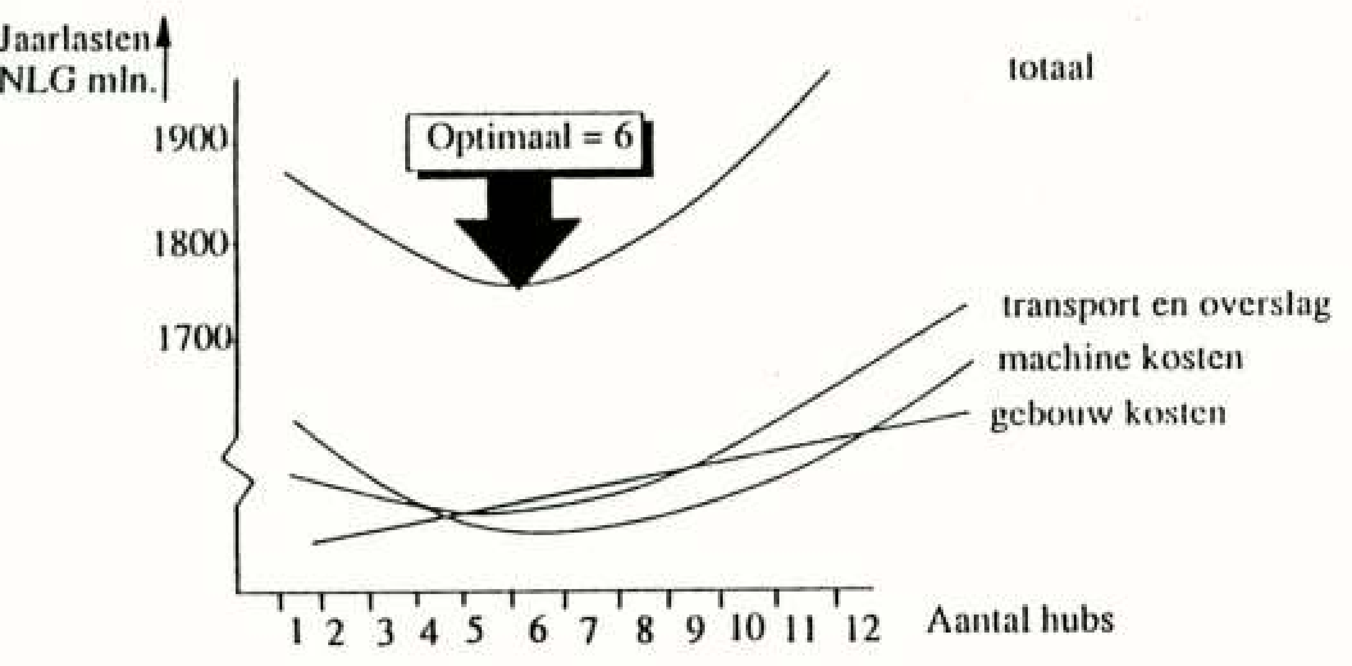
Het blijkt daaruit dat de handmatige verwerking relatief duur is ten opzichte van de automatische sortering, immers 93% van de totale kosten voor het sorteren worden besteed aan de 60% van het postvolume dat met de hand gesorteerd wordt. De verschillende kostencomponenten van het machinebedrijf zijn in figuur 5 aangegeven. Tevens is in tabelvorm aangegeven hoe in de periode 1978 - 1991 de verhouding tussen de kosten van een sorteermachine (sorma) en het arbeidsloon is gewijzigd.
Deze kostenanalyse maakte duidelijk dat de richting waarin veranderingen dienden plaats te vinden zou zijn: verdere automatisering van het sorteerproces.

De Sorteerdag bestaat uit vier hoofdprocessen



Figuur 4

Er werd voorts ook een studie gemaakt betreffende het optimale aantal sorteercentra. Het resultaat van die analyse is in figuur 6 weergegeven. Het optimale aantal blijkt zes sorteercentra of *hubs* te zijn.



Figuur 6.

Met name de kosten voor transport en overslag en de machinekosten zijn bepalend voor het optimum van 6 hubs.

Voor de keuze van de ligging van de zes hubs was vooral de verdeling van de verkeersvolumina over Nederland bepalend (zie figuur 7). In dezelfde figuur is ook de geografische spreiding weergegeven van de bestelkantoren, van waaruit de postbestellingen plaatsvinden. Ook is in deze figuur aangegeven welke deelprocessen er in de hubs en in de bestelkantoren plaatsvinden:

in de hubs:

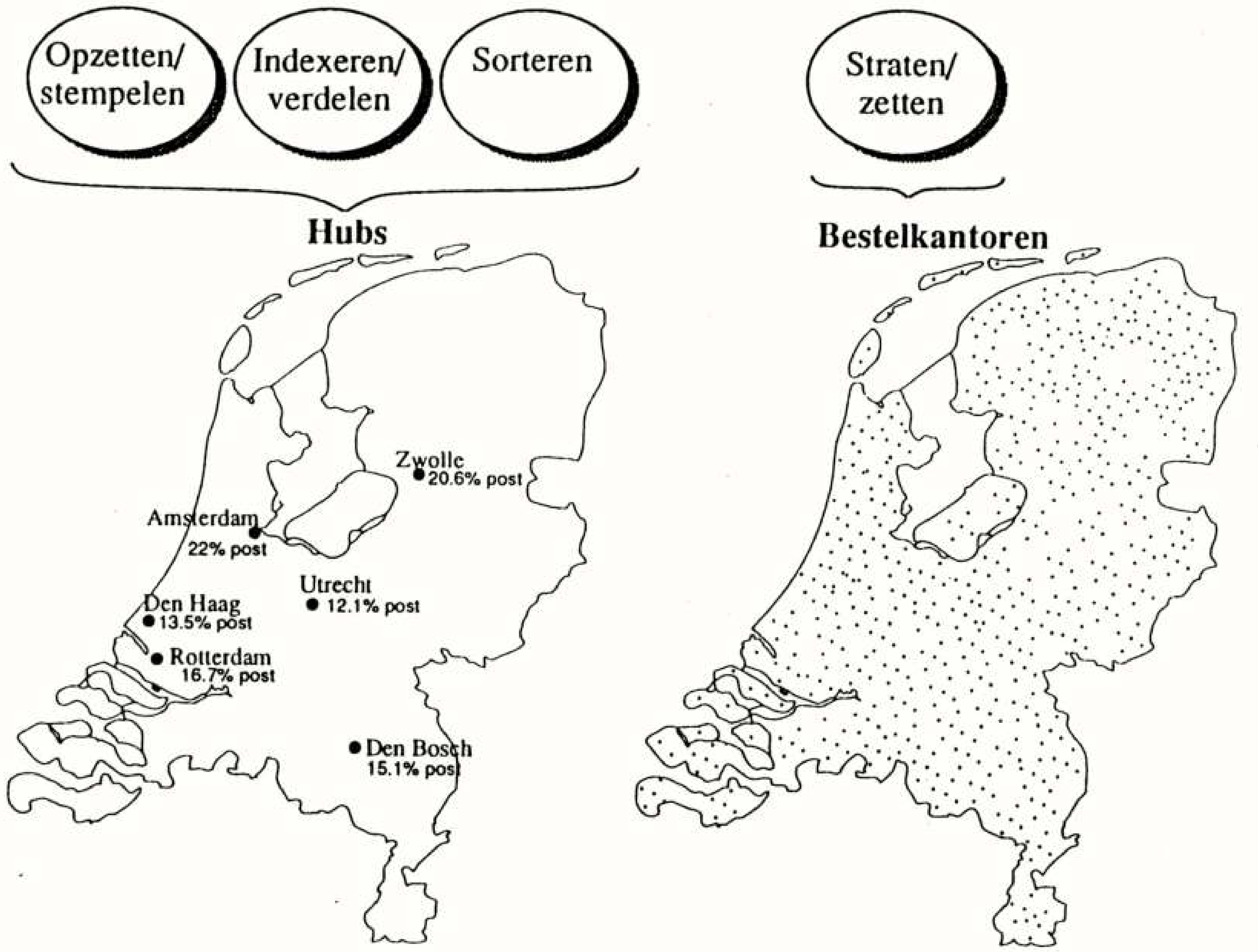
opzetten/stempelen: de brieven worden met de adreszijde vóór, rechtop gezet en de postzegels worden afgestempeld

coderen/verdelen: het coderen houdt in dat de postcode van het bestemmingsadres wordt gelezen en in een streepcode op de brief wordt afgedrukt; de post wordt op basis van afmetingen in verschillende categorieën verdeeld.

Sorteren: met deze bewerking worden de eerder beschreven sorteerprodukten gemaakt.

Op de bestelkantoren:

straten/zetten: de te bestellen post is tot op bestelloop gesorteerd; de postbesteller moet de brieven in de juiste volgorde van straten en huisnummers zetten.



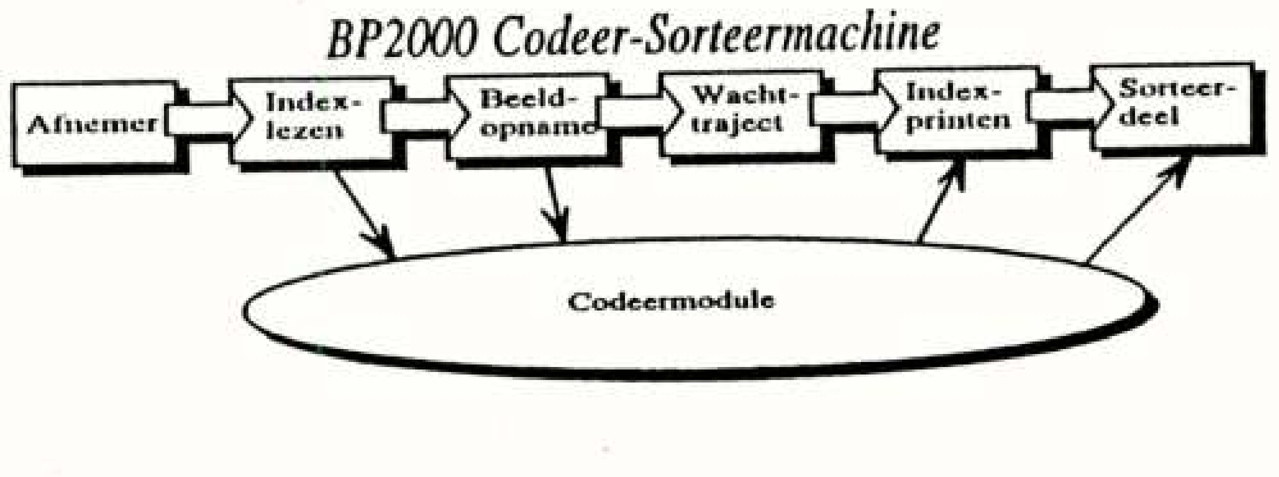
Figuur 7

De doelstellingen die bij het ontwerp van het nieuwe proces zijn gehanteerd zijn :

- Het kwaliteitsniveau dient minimaal gehandhaafd te worden
- Maximale efficiencyverbetering
- Maximale flexibiliteit
- Eventuele wijzigingen in de servicekaders en aanleverconditics moeten per saldo neutraal zijn of een verbetering inhouden
- Er dient een aanvaardbare werkorganisatie te zijn en een waarborg voor goede arbeidsomstandigheden.

Het codeer- en sorteersysteem.

In het kader van dit artikel zal met name worden ingegaan op het toe te passen systeem voor codering en sortering van brieven. In figuur 8 is dit systeem schematisch weergegeven, terwijl figuur 9 een impressie geeft van de machines die toegepast worden.



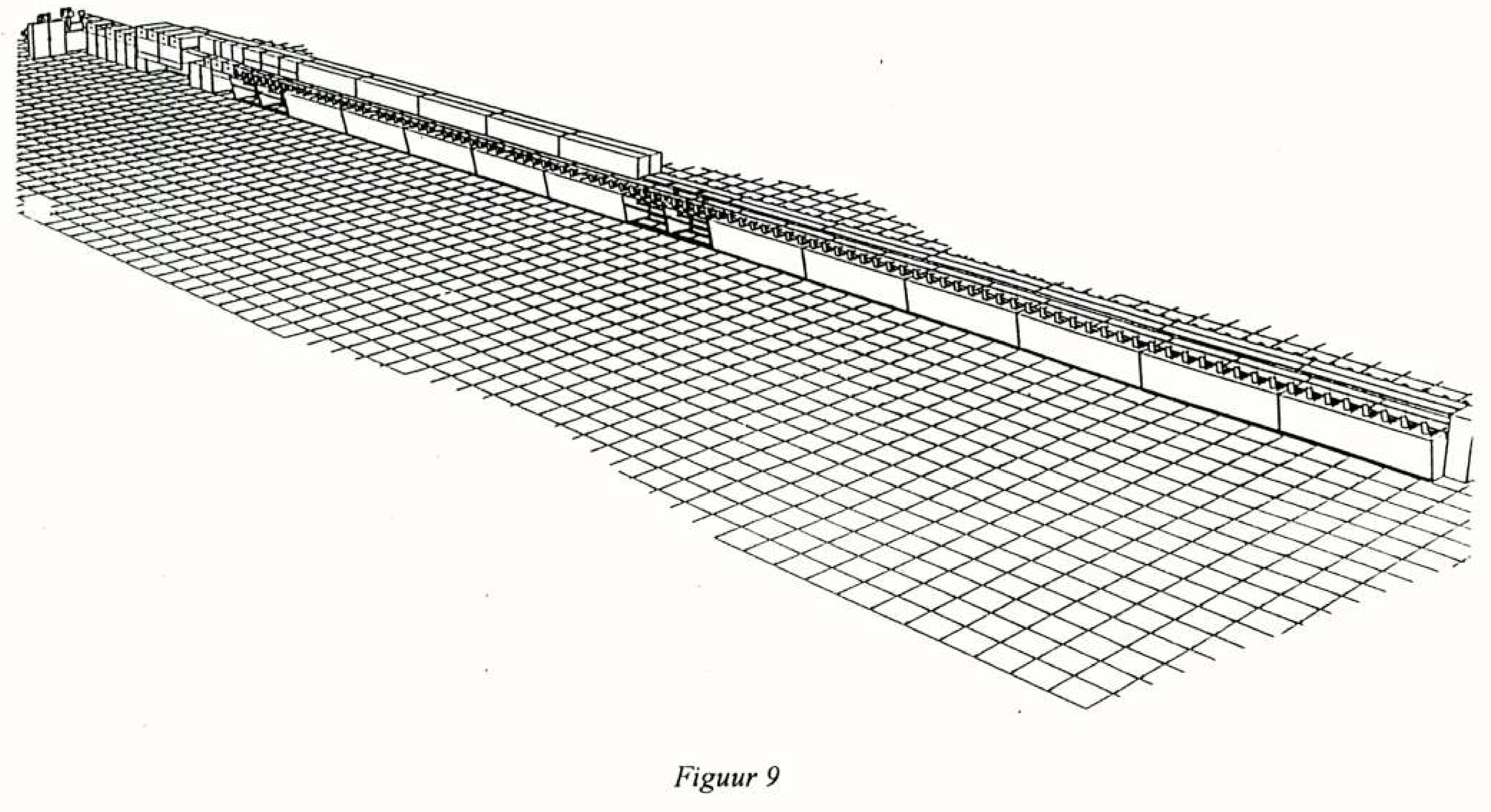
Figuur 8.

Aan het begin van het verwerkingsproces worden de brieven in bakken geplaatst; zoals reeds werd beschreven wordt er voor gezorgd dat alle brieven voor wat betreft de adreszijde goed gepositioneerd zijn.

Bij verwerking in een codeer- sorteermachine worden de brieven in een afnemer geplaatst; de *afnemer* zorgt voor het stuk voor stuk afnemen van de brieven waarbij een capaciteit van 30.000 stuks per uur kan worden behaald.
De codeer-sorteermachine is zodanig ingericht, dat in één doorgang zowel brieven verwerkt kunnen worden die reeds voorzien zijn van een sorteercode, maar ook brieven waarvan de getypte of geschreven adresinformatie nog moet worden gelezen en omgezet in een code (index) die dan in dezelfde machinedoorgang op de betreffende brieven wordt afgedrukt. Dit concept is schematisch aangegeven in figuur 8. Met een *indexlezer* wordt de eventueel reeds aanwezige machinecode gelezen; de informatie wordt toegevoerd aan een *codeermodule* of *codeercomputer* . In het geval geen machinecode aanwezig is wordt een beeldopname gemaakt van de adreszijde van de brief; ook deze informatie wordt aan de codeermodule of -computer toegevoerd. Na het passeren van het *beeldopname-station* gaan de brieven een *wachttraject* in, waardoor tijd gecreëerd wordt voor de verwerking van informatie in de codeermodule. Na het passeren van de *indexprinter* zijn alle brieven voorzien van een machinecode. De brieven bereiken dan het *sorteerdeel* . In dit sorteertraject wordt elke brief onder besturing vanuit de codeermodule naar het juiste sorteervak geleid.

Er zijn twee typen sorteermachines voorzien, namelijk één voor de (kleinere) brieven die binnen standaardafmetingen en -gewicht vallen en één type sorteermachine voor grotere en zwaardere stukken.
De sorteermachines "klein" hebben 224 uitgangsstapelaars; de machine is ruim 50 meter lang. Met deze machines kan circa 68% van alle briefpost verwerkt worden.
De sorteermachines "groot" hebben 400 uitgangen (200 aan iedere zijde in twee lagen boven elkaar). De capaci-

Impressie van een codeer-sorteermachine voor brieven

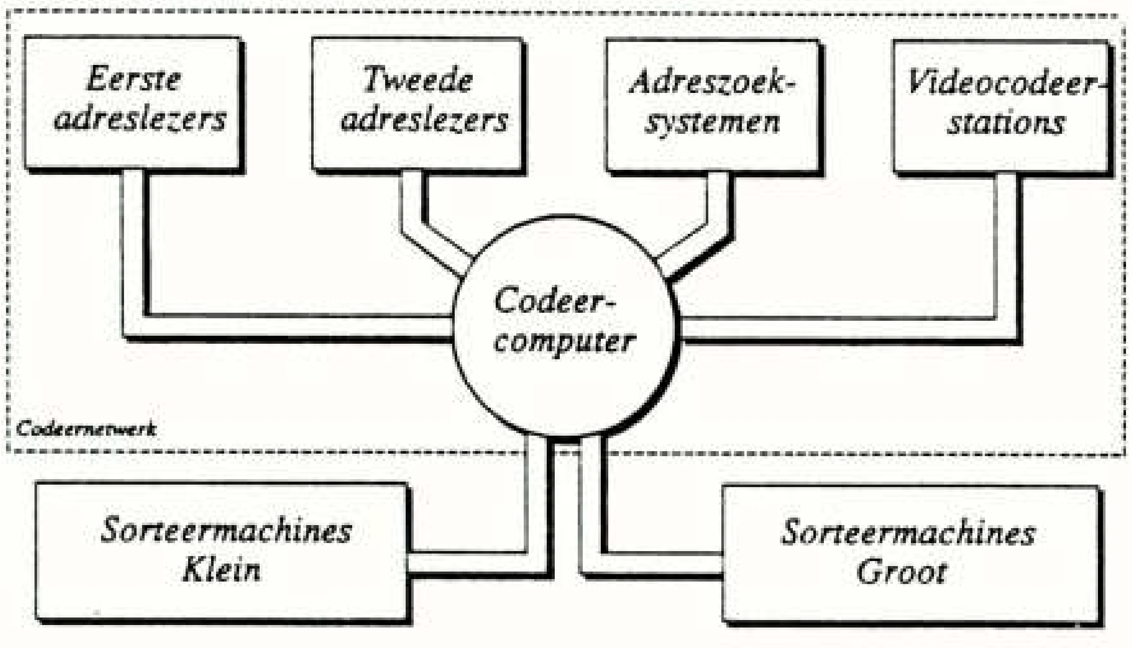


Figuur 9

teit van deze machines bedraagt minstens 17.000 stuks per uur.

Codeercomputer.

De Codeercomputer vormt het hart van het codeernetwerk op een sorteercentrum. Alle sorteermachines "klein" en "groot" hebben een koppeling met dit codeernetwerk en zijn bij het sorteren afhankelijk van instructies van de Codeercomputer. Als input ontvangt de Codeercomputer van iedere sorteermachine adresbeelden, inclusief de daarin gevonden streepcodes, van alle in bewerking genomen brieven.



Figuur 10.

De Codeercomputer "vertaalt" de door de sorteermachine opgestuurde adresbeelden en streepcodes in sorteerinformatie, die als sorteercommando, en/of als (index)printcommando naar iedere betreffende sorteermachine wordt teruggestuurd. Voor het interpreteren van adresbeelden kan de Codeercomputer gebruik maken van verschillende adreslezers, adreszoeksystemen en videocodeerstations. Deze zogenoemde "codeermiddelen" zijn - per type geclusterd - met de Codeercomputer verbonden (zie figuur 10). De Codeercomputer interpreteert als eerste een eventueel op een brief aangetroffen streepcode (index). Is de index niet of onvoldoende bruikbaar, dan wordt een 'Eerste Adreslezer' ingezet om automatisch adressen te lezen. Lukt dit ook niet, dan wordt een nieuwe poging gedaan bij de 'Tweede Adreslezers', die speciaal zijn ingeleerd om adressen te lezen die niet door de Eerste Adreslezer herkend kunnen worden. Adreszoeksystemen worden ingezet als ook een Tweede adreslezer geen positief resultaat heeft gevonden. De Adreszoeksystemen beschikken over een uitgebreid elektronisch adressenboek met vele alternatieve schrijfwijzen en kunnen daarmee in een aantal gevallen de leesresultaten van de Eerste en/of Tweede Adreslezer alsnog omzetten in het juiste bestemmingsadres. Faalt ook het Adreszoekssysteem, dan wordt een videocodeerstation door de Codeercomputer geselecteerd om handmatig, vaaf een videoscherm, de adresinformatie in te toetsen. De wijze waarop de verschillende codeermiddelen worden gebruikt wordt aangeduid als de *codeerstrategie*. De Codeercomputer beschikt over meerdere codeerstrategieën (onder andere voor de 1^e en 2^e sortering), waaruit voor iedere sorteermachine door de machine-operator een keuze kan worden gemaakt.

Naast de hiervoor genoemde operationele functies, beschikt de Codeercomputer ook over een aantal ondersteunende functies voor bijvoorbeeld het testen van codeermiddelen en het "aftappen" van beelden en codeerresultaten.

Om de door de codeermiddelen bepaalde postcode om te zetten in sorteerinformatie, maakt de Codeercomputer gebruik van een sorteerlijst. Alle benodigde sorteerlijsten voor zowel de 1^e als de 2^e sortering zijn in de Sorteercomputer aanwezig. De machine-operator van een sorteermachine selecteert welke sorteerlijst voor zijn machine geactiveerd moet worden.

Omdat de sorteermachines zonder Codeercomputer niet meer kunnen sorteren, is zowel de Codeercomputer, als het codeernetwerk dubbel uitgevoerd. Bij een eventuele storing kan de volledige codeerfunctie binnen enkele minuten worden overgenomen door een back-up systeem, dat aparte verbindingen heeft met de sorteermachines en de codeermiddelen.

De Codeercomputer op een sorteercentrum kan maximaal circa 200 sorteeropdrachten per seconde genereren.

Eerste Adreslezers.

Eerste Adreslezers heten zo omdat ze door de Codeercomputer als eerste worden geselecteerd om een adres automatisch te lezen. De input wordt gevormd door adresbeelden, afkomstig van brieven in een sorteermachine "klein" of "groot". Na een - succesvolle - leesactie wordt de postcode van de in het briefbeeld gelezen bestemmingsadres teruggestuurd naar de Codeercomputer.

Een Eerste Adreslezer beschikt over zogenoemde "multiline OCR" techniek, hetgeen inhoudt dat niet alleen een postcode, maar ook alle overige adresregels worden gelezen. Via een binnen de Eerste Adreslezer aanwezig elektronisch postcodeboek kan daarmee de gelezen postcode worden geverifiëerd, of kan, bij het eventueel ontbreken van een postcode, deze alsnog worden opgezocht.

Ingebouwde tests zorgen er voor dat de Eerste Adreslezer niet meer dan 0,5% leesfouten maakt. Als gevolg hiervan zal gemiddeld 19% van de leesresultaten worden afgewezen, dat wil zeggen dat geen voldoende betrouwbaar postcoderesultaat is gevonden. De Codeercomputer ontvangt in dergelijke gevallen wel allerlei tussenresultaten over bijvoorbeeld adresregels, en individuele tekens die wel betrouwbaar door de Eerste Adreslezer zijn gelezen.

De Eerste Adreslezers kunnen niet alleen machineschrift, maar ook handgeschreven postcodes, al dan niet in postcodekaders, herkennen.

Ieder sorteercentrum beschikt over zoveel Eerste Adreslezers, dat op een piekdag gemiddeld alle sorteermachines "klein" en "groot" 'bijgehouden' kunnen worden.

Tweede Adreslezers

De Tweede Adreslezers ontvangen adresbeelden van de Codeercomputer die niet door de Eerste Adreslezer konden worden gelezen. De capaciteit van de Tweede Adreslezers is dus gedimensioneerd op de 19% teruggewezen resultaten uit de Eerste adreslezer. De Tweede Adreslezers zijn speciaal "ingeleerd" op deze moeilijker leesbare adressen. Naast het adresbeeld ontvangt de Tweede Adreslezer ook eventueel gevonden tussenresultaten van de eerste adreslezer. Mogelijke tussenresultaten zijn: de positie van het adresblok en de schriftsoort van het adres

(machineschrift, handschrift, of handschrift in postcode-kaders).
Op basis van deze tussenresultaten maakt een Tweede Adreslezer een keuze uit drie mogelijke leestechnieken:

1. Multi-line OCR voor machineschrift
   Net als bij de Eerste Adreslezer worden alle regels van een adres gelezen. Ook hier wordt een elektronisch postcodeboek gehanteerd om een postcode op te zoeken of te verifiëren. De foutkans mag wederom niet groter zijn dan 0,5%.
2. Handschriftherkenning
   In het adresbeeld wordt "slechts" de handgeschreven postcode opgezocht en gelezen. Een elektronische lijst met uitgegeven postcodes wordt vervolgens gehanteerd om te bepalen of de gelezen postcode daadwerkelijk is uitgegeven. De kans op leesfouten bij deze "postcodelezer" mag niet meer bedragen dan 1%.
3. Herkenning van postcodes in postcode-kaders
   Deze herkenner maakt gebruik van de aanwezigheid van postcode-kaders in het adresbeeld. Postcode-kaders kunnen gemakkelijk worden gevonden, waardoor ook het lezen van de postcode wordt vereenvoudigd. De kans op leesfouten bij postcodes in kaders bedraagt niet meer dan 0,7%.

De Tweede Adreslezers zullen gezamenlijk meer dan de helft van de adressen kunnen lezen die door de Eerste Adreslezer zijn afgekeurd.

Adreszoeksystemen

Het Adreszoeksysteem wordt door de Codeercomputer ingeschakeld, als ook de Tweede Adreslezers niet in staat zijn om een adres betrouwbaar genoeg te lezen. Het Adreszoeksysteem ontvangt als input de tussenresultaten van zowel de Eerste als de Tweede Adreslezer. Met behulp van een zeer uitgebreid adressen/postcodebestand worden de gecombineerde tussenresultaten gebruikt om alsnog een postcode te vinden. Het adreseenbestand dat in het Adreszoeksysteem wordt gebruikt is veel uitgebreider dan dat in de adreslezers. Naast diverse alternatieve schrijfwijzen van adressen en woonplaatsen, en bijvoorbeeld de plaats- en straatnamen in het Fries, bevat dit bestand ook een groot aantal vaak voorkomende adresseringen. Bijvoorbeeld:

De Burgemeester van
MOORDRECHT

zal door het Adreszoeksysteem eenvoudig kunnen worden omgezet in de postcode 2841 BN.

Videocodeerstations.

Een videocodeerstation wordt door de Codeercomputer geselecteerd als ook het Adreszoeksysteem geen oplossing heeft kunnen vinden. Een Videocodeerstation is in feite een "gewone" personal computer (Pentium PC) met een standaard toetsenbord. De adresbeelden worden (met behulp van Windows 95 software) zichtbaar gemaakt op een extra groot beeldscherm met hoge resolutie.

De normale taak op de Videocodeerstations is het intoetsen van postcodes. Via een ingebouwd postcodeboek wordt onderzocht of deze postcode is uitgegeven; het bijbehorende adres (zonder huisnummer) kan zichtbaar gemaakt worden.
Een variant op het intoetsen van postcode toetsen is het zogenaamde alfa-toetsen, waarbij alleen de twee letters van een postcode ingetoetst worden; een adreslezer heeft dan betrouwbaar genoeg het numerieke deel van de postcode gelezen
Adrescoderen is een aparte taak die wordt toegepast voor adressen zonder postcode. Bij adrescoderen worden delen van het adres (woonplaats, straatnaam) ingetoetst, waarbij het Videocodeerstation interactief de bijbehorende postcode opzoekt.
De videocodeerstations kunnen tenslotte ook worden gebruikt voor het trainen van de videocodeertaken. Via de Codeercomputer, maar eventueel ook stand alone, worden in dat geval eerder opgenomen trainingsbeelden als onderdeel van voorgeprogrammeerde trainingslessen naar een Videocodeerstation gestuurd ; de toetsresultaten worden gecontroleerd en aan het eind van een sessie op het beeldscherm teruggekoppeld. Training kan daardoor individueel en zonder verdere begeleiding plaatsvinden.

Concluderend:

- Door de introductie van het concept van op een netwerk aangesloten codeermiddelen, en eveneens op het netwerk aangesloten sorteermachines, kunnen de codeermiddelen op een hub worden 'geshared' door alle sorteermachines.
- Hierdoor wordt een efficiënt en effectief gebruik gemaakt van codeermiddelen, o.a. door het afvlakken van capaciteitsfluctuaties.
- Door de splitsing tussen mechanische- en elektronische systemen kunnen steeds de nieuwste technologieën worden toegepast.

Voordracht gehouden tijdens de 448^e werkvergadering

NEDERLANDS ELEKTRONICA- EN RADIOGENOOTSCHAP

UITNODIGING NERG WERKVERGADERING 449

Datum:	3 september 1996
Locatie:	TU Eindhoven
Zaal:	Auditorium, Collegezaal 12
Adres:	Den Dolech 2
Plaats:	Eindhoven
Tijdstip:	19.15 - 22.30 uur

Onderwerp:

Afstudeerders (M/V) over hun

Afstudeeronderwerp

Bij deze werkvergadering komt van elke (nieuwe) vakgroep van de fakulteit elektrotechniek van de TUE een net of bijna afgestudeerde praten over zijn afstudeeronderwerp. Een panel uit het bedrijfsleven zal de voordrachten op inhoud en presentatie beoordelen en het NERG heeft Hfl 500,- beschikbaar gesteld voor de beste lezing.

PROGRAMMA

19.00 Ontvangst

19.30 Opening door de voorzitter

19.40 **Ir. J.W. Risseeuw,** "Een ademfrequentiemeter voor duursporters"

20.05 **P. van Dijk,** "Communicatie over het laagspanningsnet"

20.30 **A.J. van Leest,** "Subband kodering op basis van IIR filters"

20.55 Korte koffiepauze

21.10 **M.C.W. Geilen,** "Real-time concepten voor software/hardware engineering"

21.35 **Ir. Y.L.C. de Jong,** "Een CDMA modem voor tweewegcommunicatie in kabeltelevisienetwerken"

22.20 Beoordeling en prijsuitreiking

22.30 Sluiting door de voorzitter

Namens het NERG

ir. W. van der Bijl (programmamanager NERG)

dr.ir.drs. E.F. Stikvoort

UITSLAG

Het panel, bestaande uit de heren :

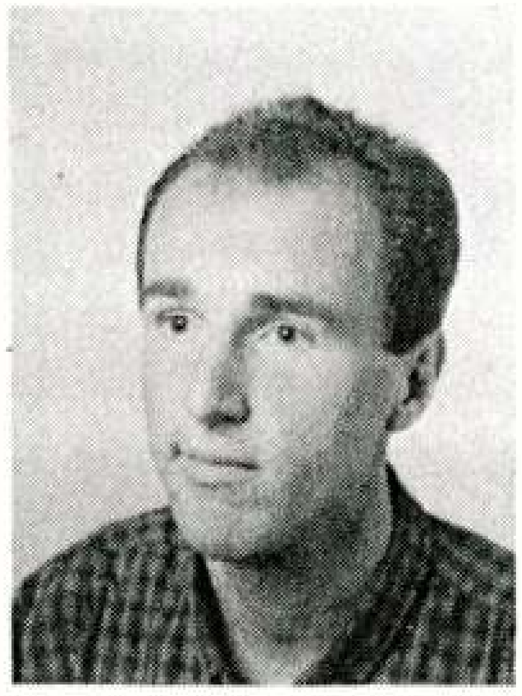
ir. T.J. Paffen	Ericsson, Rijen
dr. R.A. Geaorge	ASML
dr.ir. M. Pelgrom	PRLE (Philips Nat. Lab.)

heeft de lezing van ir. Y.L.C. de Jong als beste beoordeeld. De prijs werd hem uitgereikt door de dagvoorzitter dr.ir. drs. E.F. Stikvoort. In dit nummer is de publicatie over het betreffende onderwerp van de hand van ir. De Jong opgenomen.

A CDMA BASED BIDIRECTIONAL COMMUNICATION SYSTEM FOR CATV NETWORKS

Ir. Y.L.C. de Jong

Eindhoven University of Technology, Faculty
of Electrical Engineering,
Division of Telecommunications Technology
and Electromagnetics (TTE)



Abstract

CATV networks are considered a promising infrastructure for implementing future interactive services. Efficient utilisation of these networks requires a communication system which is dedicated to the specific CATV network properties. This paper presents the physical layer of a bidirectional communication system for CATV networks which is based on CDMA, a technique that has a certain robustness to the ingress found in the CATV return bandwidth. Because the application of ordinary, asynchronous CDMA results in a poor spectral efficiency, a transmission scheme based on synchronous CDMA is adopted. Using synchronous CDMA and QPSK modulation, a capacity of 64 channels of 64 kbit/s each can be achieved in a bandwidth of 6 MHz. A description is given of the modems responsible for the communication between cable subscribers and the CATV headend. Their design exploits the typical CATV network configuration to enable a cost-effective hardware realisation. Sensitivity of system performance to linear channel distortions is investigated by computer simulation. In particular linearly varying group delay and a rugged, uneven amplitude response are shown to be potential causes of performance degradation.

1 Introduction

Community antenna television (CATV) was first introduced in the late 1960's and early 1970's as a means to provide large numbers of homes with analog broadcast audio and video signals of high quality. Since, CATV providers have offered their subscribers an ever increasing variety of programmes. Recently, due to the forthcoming liberalisation of the European telecommunication market and the growing demand for new, interactive television and data services, providers are considering the introduction of cable applications that require the transmission of information in the upstream direction, i.e. from indivi dual subscribers to the cable operator's central office or headend. In modern installations, a dedicated return bandwidth within the CATV spectrum has been reserved for this purpose.

Since 1993, the Telecommunications Section of the Eindhoven University of Technology has been involved in research into bidirectional communications over CATV networks. An important result of the work is the characterisation of the noise properties in the return bandwidth. Serious levels of broadband and narrowband noise were found to be present in this frequency region [1,2]. Currently, research efforts are focused on the design and implementation of a 64 kbit/s bidirectional communication system which is dedicated to the specific CATV network properties. Because of its inherent robustness to narrowband noise and interference, direct-sequence code division multiple-access (DS-CDMA) has been selected as the underlying multiple-access scheme. In this paper we will describe the design of the physical layer of the communication system.

2. CATV network properties

CATV network topologies can be divided into two broad categories: the tap-type or bus topology and the star-type topology. Both network types offer no or only a limited level of electrical separation between physical connections and are therefore called shared mediums. Conventional all-coaxial networks offer only a very small

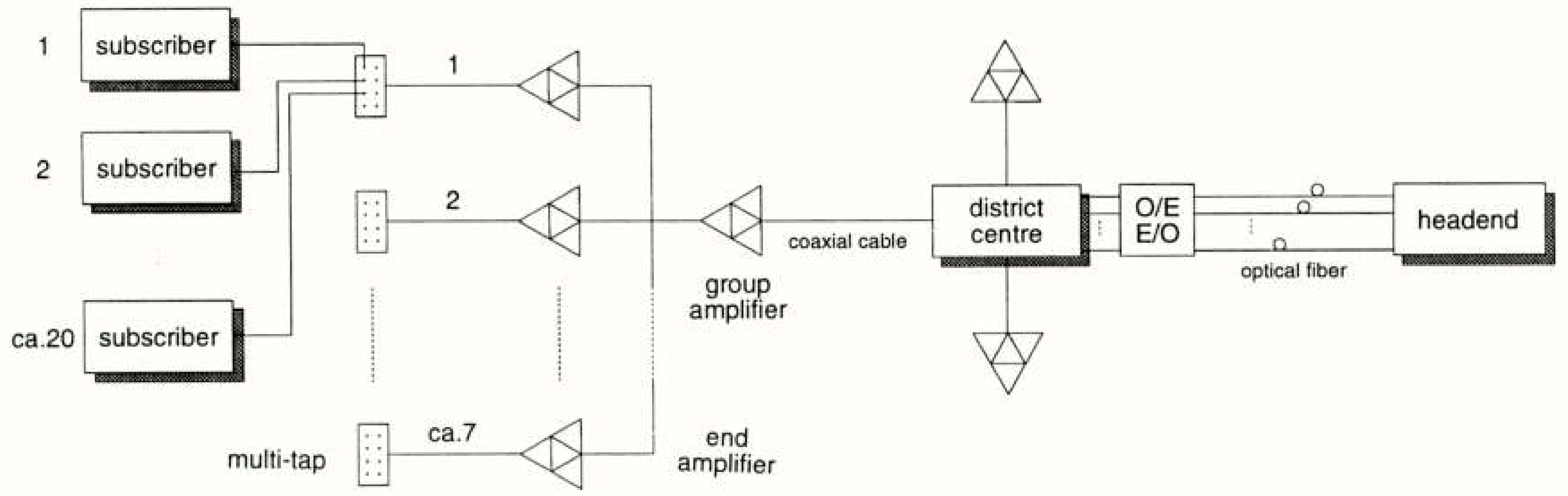


Figure 1. Hybrid fibre-coax network architecture

bandwidth per subscriber and are therefore hardly suitable for the implementation of interactive services. However, some CATV operators have upgraded their networks by installing optical fibre in the network backbone. In this upgrade, separate fibres can be assigned to distinct clusters of connections, which introduces some form of separation between these clusters. In modern hybrid fibre-coax (HFC) networks (view figure 1), the available bandwidth is shared by maximally ca. 150 subscribers. It is expected that the point of electrical/optical conversion will be closer to the subscriber residences in the future, and that smaller coaxial access networks of ca. 25 connections will be created.

The allocation of the CATV spectrum is a design choice of the network operator. Most commonly, the bandwidth from 5 to 30 MHz is reserved for return traffic, and the downstream bandwidth extends from 47 MHz up to 860 MHz. The frequency region between 30 and 47 MHz serves as a guard bandwidth. It is used as a transition bandwidth for the so-called diplex filters in the two-way actives, which separate the upstream from the downstream spectrum. The very stringent requirements on these analog filters (narrow transition bandwidth, high stopband attenuation) result in inevitable linear distortion in the passbands. The larger the number of cascaded amplifiers, the more linear distortion will be experienced in the upstream bandwidth. This number is only two in modern HFC networks, but may be much higher in more conventional networks.

The tree and branch architecture of CATV networks results in a phenomenon called noise funneling, which is the accumulation of many small noise signals in the upstream path. Due to noise funneling, serious levels of broadband and narrowband noise can be found in the upstream bandwidth [1,2]. This is illustrated in figure 2, which shows noise spectra measured in two major networks in Europe, one a star network (network type 1), the other a tap network (network type 2). The narrowband interference in the lower part of the return bandwidth has been identified as short-wave radio signals coupled into the network. Without special precautions, this interference can lead to intolerable performance degradation of communication systems using this bandwidth. Therefore, existing systems make hardly any use of the 5-15 MHz portion of the upstream spectrum. It is clear that this results in a poor utilisation efficiency of the already limited amount of return bandwidth. The effects of narrowband interference can to a certain extent be overcome by using a transmission scheme based on code division multiple-access (CDMA).

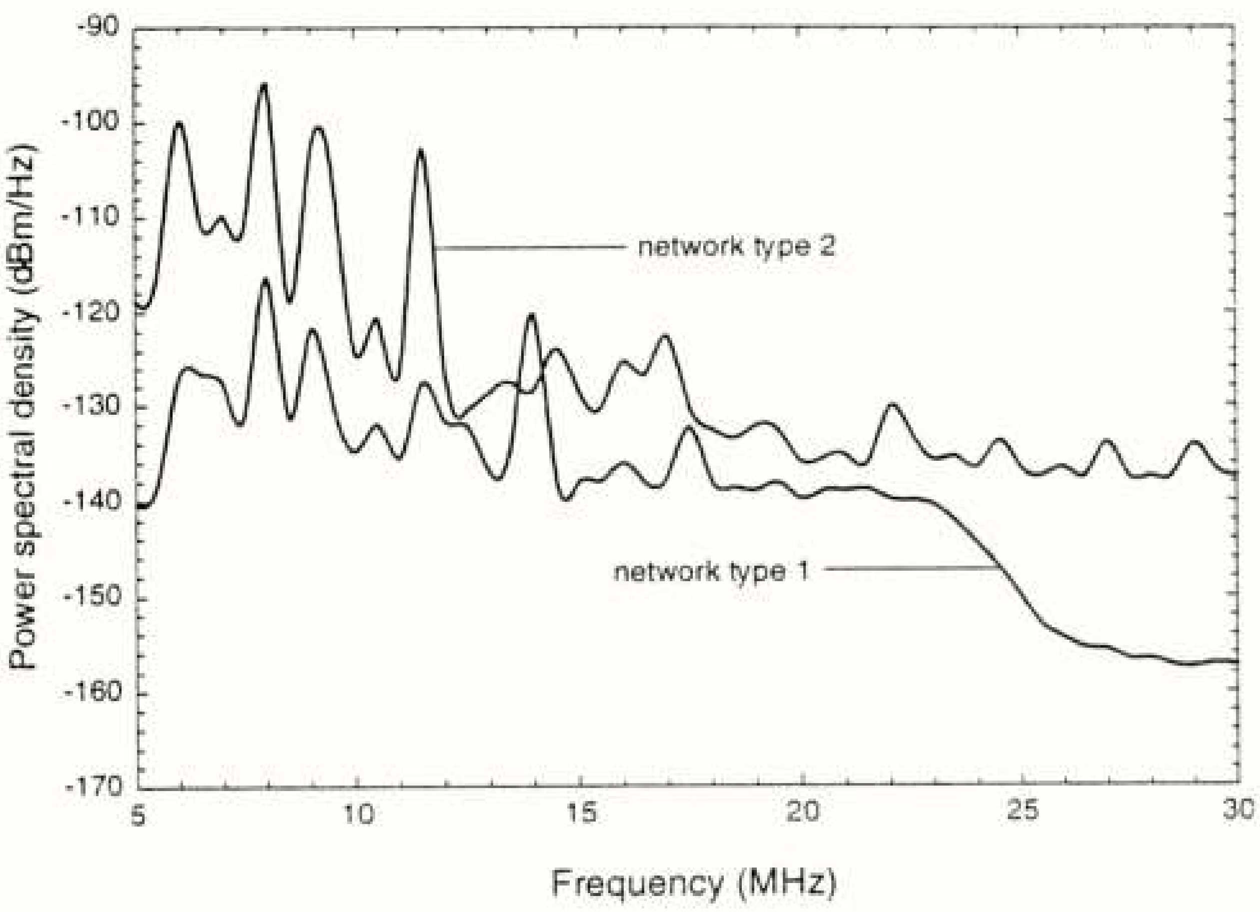


Figure 2. Return path noise spectra, measured at the headends of two major networks in Europe

3. The CDMA based transmission scheme

In recent years there has been increased interest in a class of multiple-access schemes known as code division multiple-access (CDMA) [3,4]. CDMA is a spread-spectrum technique, and one basic property of spread-spectrum is its robustness to narrowband interference and jamming. In direct-sequence CDMA (DS-CDMA), the most common form of CDMA, each transmitter's data modulated carrier is multiplied by the transmitter's unique binary code sequence, which has a (chip) rate which is typically much higher than the data (bit) rate (view figure 3). Because the applied code sequences have so-called pseudo-noise (PN) properties, the effect of this multiplication is that the data signal is spread over the much wider system bandwidth. At the receiver, a delayed version of the desired spread signal is received together with delayed versions of the spread signals of the other users sharing the channel and various interfering signals which are present in the channel. The receiver performs a despreading operation on the received signal by multiplying it by a time-aligned replica of the spreading

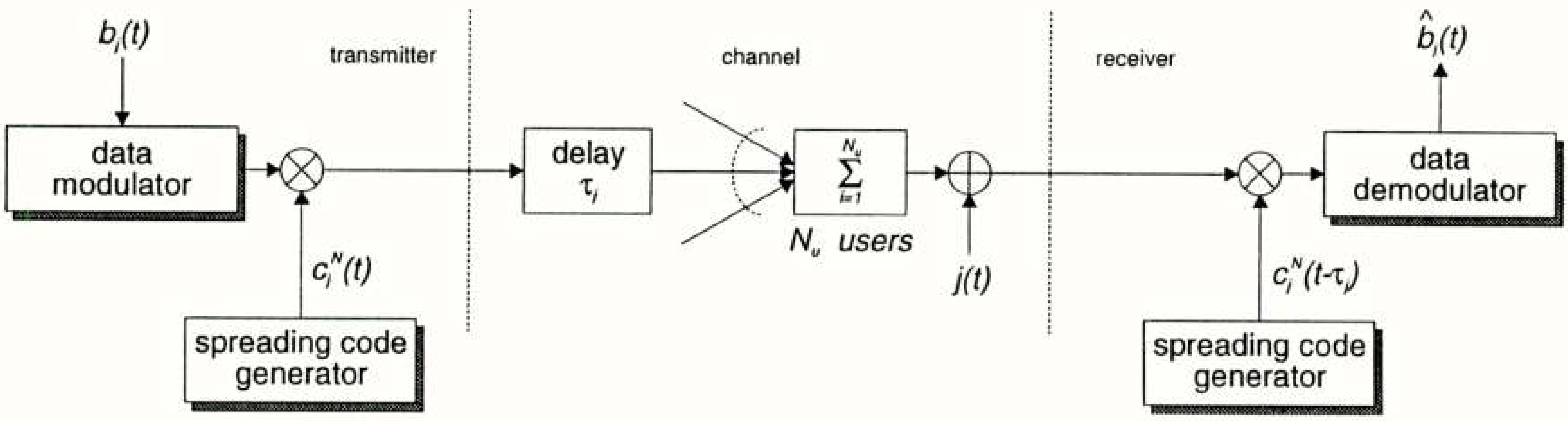


Figure 3. Simplified model of a DS-CDMA system

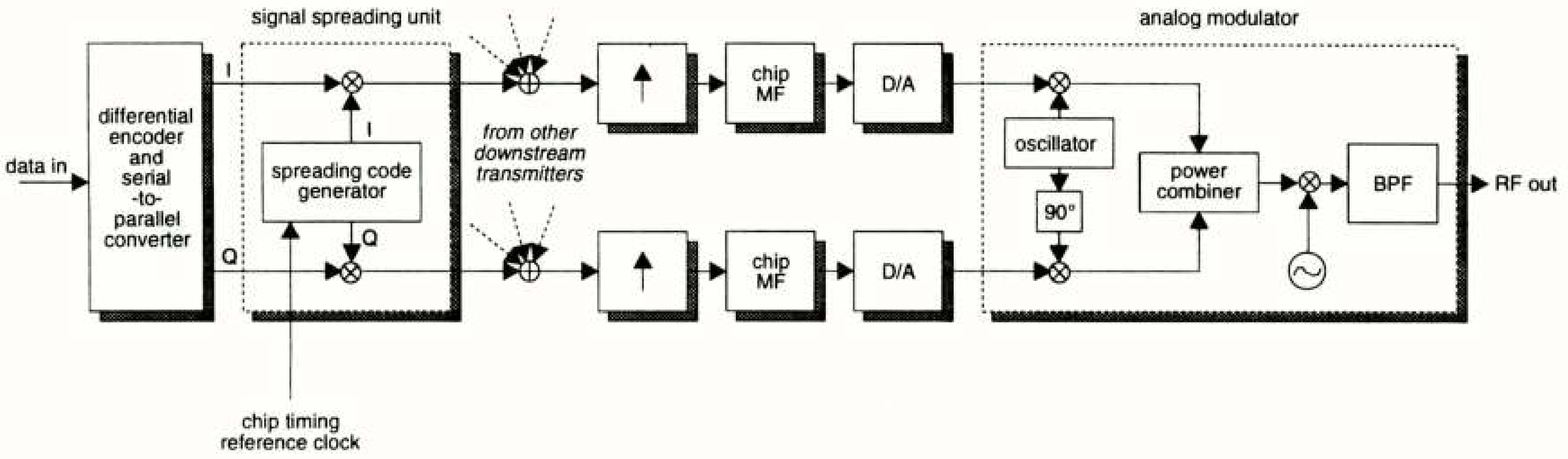
waveform. As a result, the desired data modulated carrier is returned to its original bandwidth. On the other hand, the received CDMA signals from the other users are still wideband after despreading, since their spreading sequences do not match. The interference between these signals and the desired signal at the receiver is referred to as multiple-access interference (MAI). At despreading, the energy of narrowband interfering signals is spread over the full system bandwidth, so that their harmful effect is reduced. DS-CDMA has a multiple-access capability due to the coding with low cross-correlation PN spreading sequences. By the selection of a code set with good orthogonality, the MAI can be kept minimum. However, for ordinary DS-CDMA systems, increasing the number of active users gradually degrades the overall system performance.

It can be shown [5] that the capacity of ordinary, asynchronous DS-CDMA is considerably limited by the mutual interference between all users. At present, rather specialised signal processing techniques are being developed which attempt to cancel MAI using so-called multi-user receivers [6]. Theoretically, these receivers would be capable of restoring orthogonality of the CDMA channels and would hence provide much higher capacity than conventional DS-CDMA. However, the ordinary single-user receiver is to date the only practically implementable one for systems with a large number of users, due to the complexity of the interference cancellation algorithms.

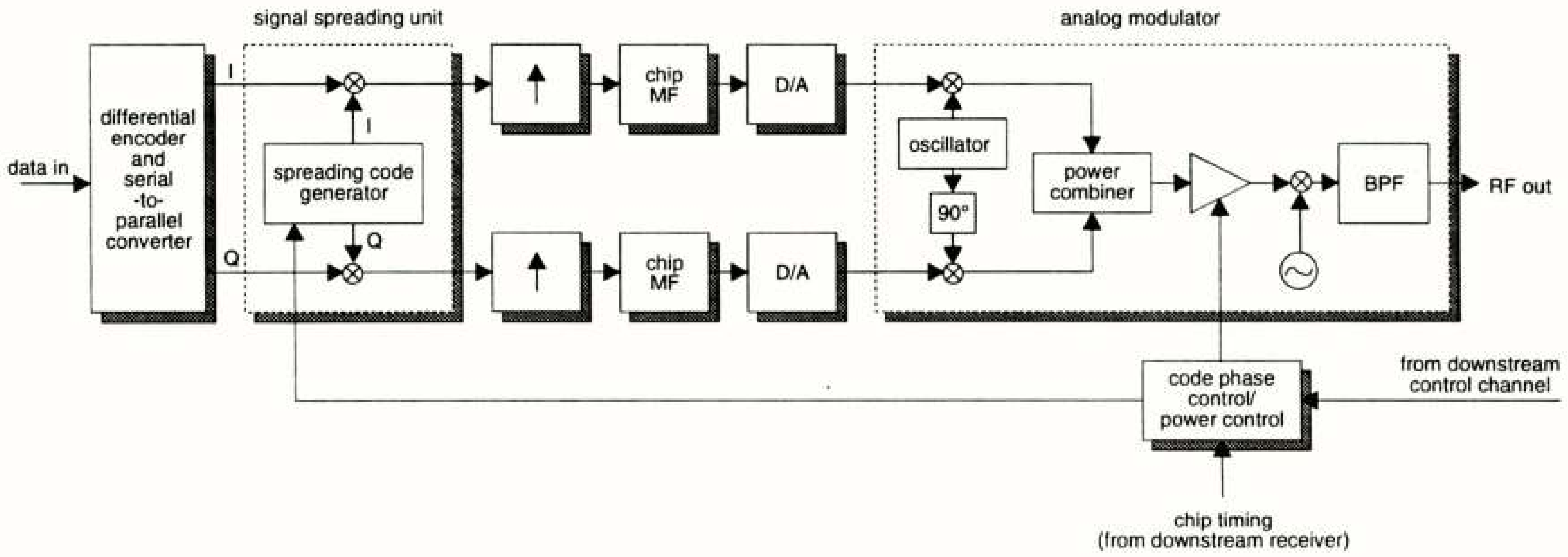
An alternative method to improve CDMA capacity was proposed by De Gaudenzi [7] and requires the synchronisation of the simultaneous transmissions at the chip level. This accurate synchronisation allows the use of (quasi-) orthogonal code sequences, which have (almost) zero cross-correlation at zero phase, resulting in (almost) no MAI. This synchronous CDMA (S-CDMA) technique is expected to be a very appropriate scheme for application in CATV networks, because their configuration considerably simplifies accurate synchronisation of transmissions. In the downstream link synchronisation is straightforward, because all transmitters are concentrated at the headend. In the upstream link the transmitters experience various transmission delays in the paths to the headend. However, since the network has a fixed topology, synchronisation is automatically maintained once it has been established.

For a perfectly synchronised DS-CDMA system utilising orthogonal sequences, there is no interference between users. However, a serious disadvantage of the application of orthogonal sequences is that it requires external network synchronisation in the return link. Orthogonal sequences generally possess no PN properties and have poor out-of-phase cross-correlation properties since they are optimised with respect to zero-phase only. As a result, the upstream transmissions of subscribers who are connecting to the network but are not in synchronisation yet would severely interfere with the synchronous transmissions. An S-CDMA system using a separate timing channel would not fully exploit the advantages of CDMA and could result in a more complex hardware realisation. In [7], a set of CDMA code sequences was proposed which are almost orthogonal at zero-phase and in addition have PN properties. These so-called preferentially-phased Gold sequences can therefore be applied asynchronously for synchronisation purposes at the cost of almost no performance loss in synchronous use, compared to orthogonal sequences. It has been shown [5] that for BPSK and QPSK modulation, the performance of an S-CDMA system using preferentially-phased Gold sequences is hardly dependent on the number of simultaneous users. Therefore, system capacity is limited by the number of sequences in the set only. Using synchronous CDMA and QPSK modulation, a capacity of 64 channels of 64 kbit/s each can be achieved in a bandwidth of 6 MHz, which is approximately the bandwidth occupied by an analog television channel. This choice enables a flexible assignment of bandwidth.

In practice, perfect synchronisation of the upstream transmissions may not be achieved and there will be small synchronisation errors, leading to increased MAI. Using a computer simulation, the effect of imperfect synchronisation in the return link on the system performance was evaluated [5]. It was found that a maximum synchronisation error of one-eighth of a chip period results in negligible degradation. This value was taken as a design objective.



(a) downstream



(b) upstream

Figure 4. Block diagram of the transmitters

4. Description of the modem design

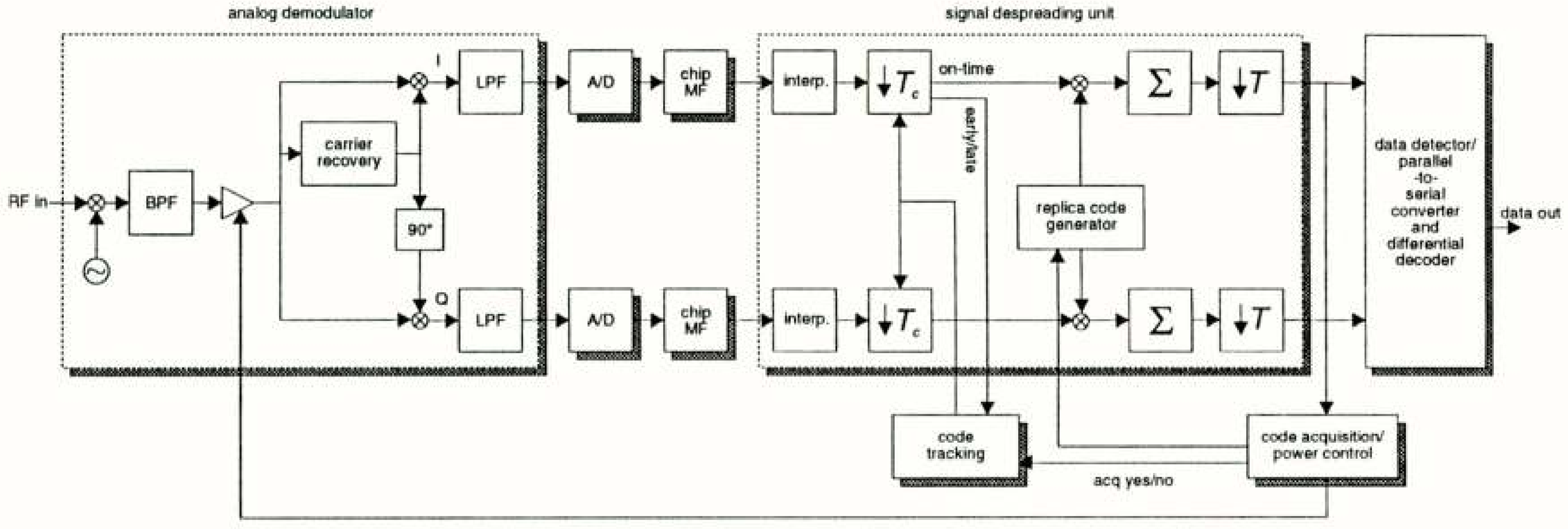
A. Transmitter

The basic building blocks of the downstream and upstream transmitter are depicted in figure 4. The functionality of both transmitters is essentially the same. The input data stream is differentially encoded and split into an in-phase (I) and a quadrature (Q) stream, both at half the bit rate. These I-Q symbol streams are spread by independent preferentially-phased Gold sequences. After pulse shaping, the spread baseband signal is D/A converted and modulated on the I-Q carrier components generated by an oscillator.

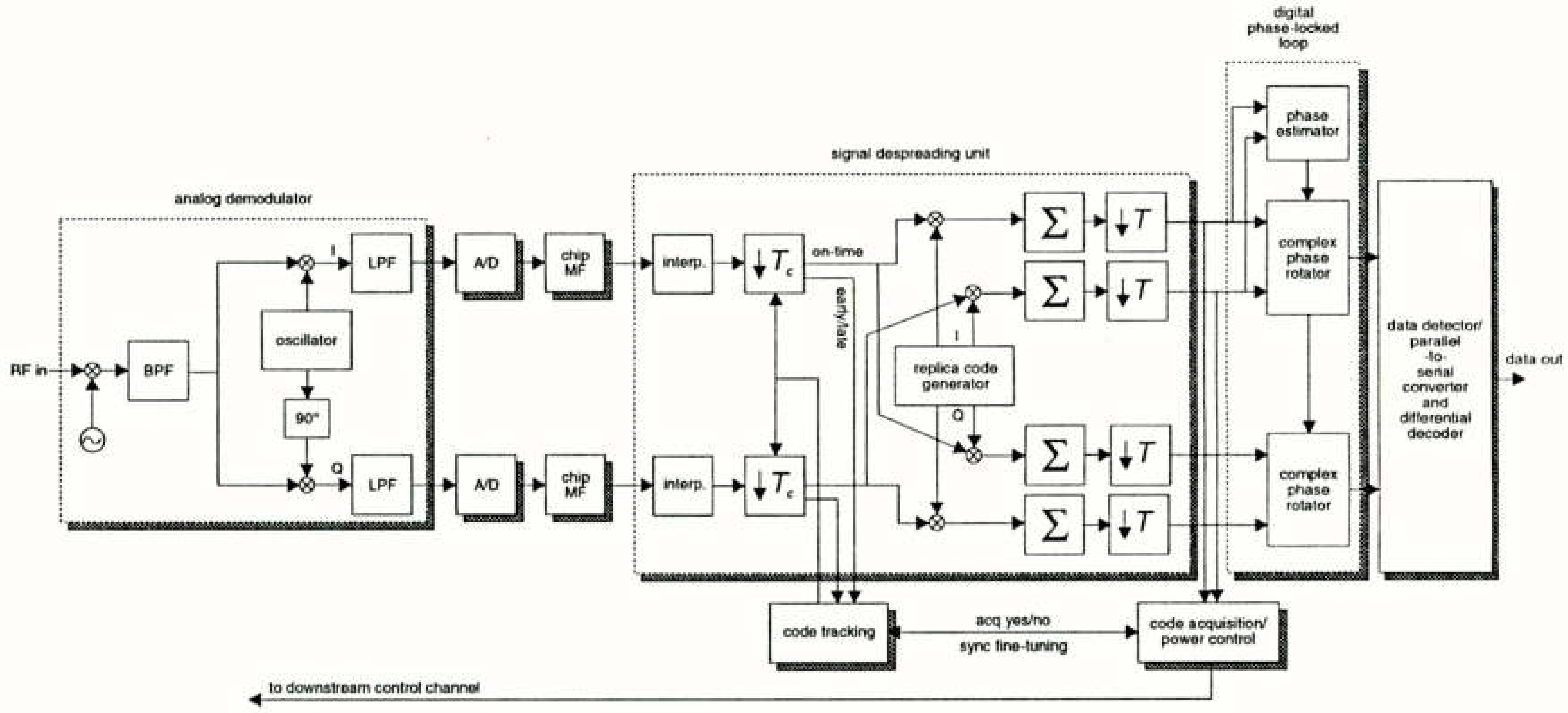
Because the chip timing of all downstream transmitters is controlled by a common chip timing reference clock, the downstream transmissions are automatically synchronised. Furthermore, because the spread signals are summed in the digital domain before analog modulation, a single carrier can be used for all downstream signals. This solution facilitates carrier recovery and coherent detection at the downstream receivers. Upstream transmissions are synchronised by means of feedback of chip timing information from the headend receiver to each individual transmitter via a downstream control channel. At initial connection to the network, each subscriber modem shifts the phase of its transmitted code sequences until it is notified by the headend modem that synchronisation has been acquired. The transmission of unsynchronised spreading sequences results in a relatively high level of MAI. The number of asynchronous users attempting to connect to the network must therefore be limited by the connectivity protocol.

B. Receiver

Figure 5 shows the basic building blocks of the downstream and upstream receiver. Coherent detection of the downstream information is performed after recovery of the common carrier frequency and phase using an analog phase-locked loop (PLL). On the other hand, coherent detection of the upstream information is not that simple, because the received carriers have independent frequency and phase. Therefore, carrier recovery cannot take place prior to signal despreading. Alternatively, we employ a local oscillator which is not controlled by a carrier recovery circuit, but has a frequency close to those of the received carriers. Removal of the residual modulation is done in the digital domain by a digital phase-locked loop (DPLL). The DPLL consists of two complex rotators controlled by a phase estimator, which provides an estimation of the received carrier phase. Besides resolving a fixed carrier phase, the DPLL is able to track linearly increasing or decreasing carrier phase resulting from local oscillator frequency offsets relative to the received carrier frequency. Using this approach, a single analog demodulator subsystem can be shared by



(a) downstream



(b) upstream

Figure 5. Block diagrams of the receivers

all upstream receivers. Besides this analog circuit, the upstream receivers also share the A/D converters, chip matched filters, and interpolation filters, to reduce costs per user.

The remaining receiver functionality is in principle the same for the downstream and upstream receiver. The baseband I-Q signals are sampled asynchronously and subsequently filtered. Then they are down-sampled to chip rate synchronously with the chip timing that is recovered by the code phase tracking subsystem. The resulting chip streams are despread by means of multiplication with the I-Q replica code sequences and subsequent accumulation over the sequence length. The resulting samples at symbol rate are used for data extraction. Differential decoding is performed to remove phase ambiguity from the detected data sequence.

It is expected that the modem control logic and the DPLL algorithm can be realised using a digital signal processor (DSP) device. For the remaining high-speed digital operations, faster but less versatile devices will have to be employed.

5. Simulation results

Computer simulations were performed in order to verify the modem design, and to assess the effects of linear channel distortion on the modem performance. Attention was restricted to the upstream receiver, assuming the less complex upstream transmitter not to degrade system performance. A simulation model based on quasi-analytic bit error ratio (BER) estimation [8] was used, in which the relevant signal and noise parameters at the input of the receiver threshold device are determined by simulation, and a BER estimation is then made with a formula.

In the literature, a division is made between three typical forms of group delay and amplitude impairments: linear, parabolic, and sinusoidal [9]. Both the amplitude and the group delay characteristics of the upstream CATV channel can be approximated by a superposition of linear and sinusoidal frequency dependence. To assess the effects of these distortions individually, digital filters were designed with either constant group delay and prescribed amplitude response, or with constant amplitude response and prescribed group delay. Finite

impulse response (FIR) filters with symmetrical coefficients have linear phase and hence constant group delay. On the other hand, the design of all-pass filters with linear or sinusoidal group delay required a more involved procedure [10].

Simulation results of the modem performance in an ideal channel are shown in figure 6.

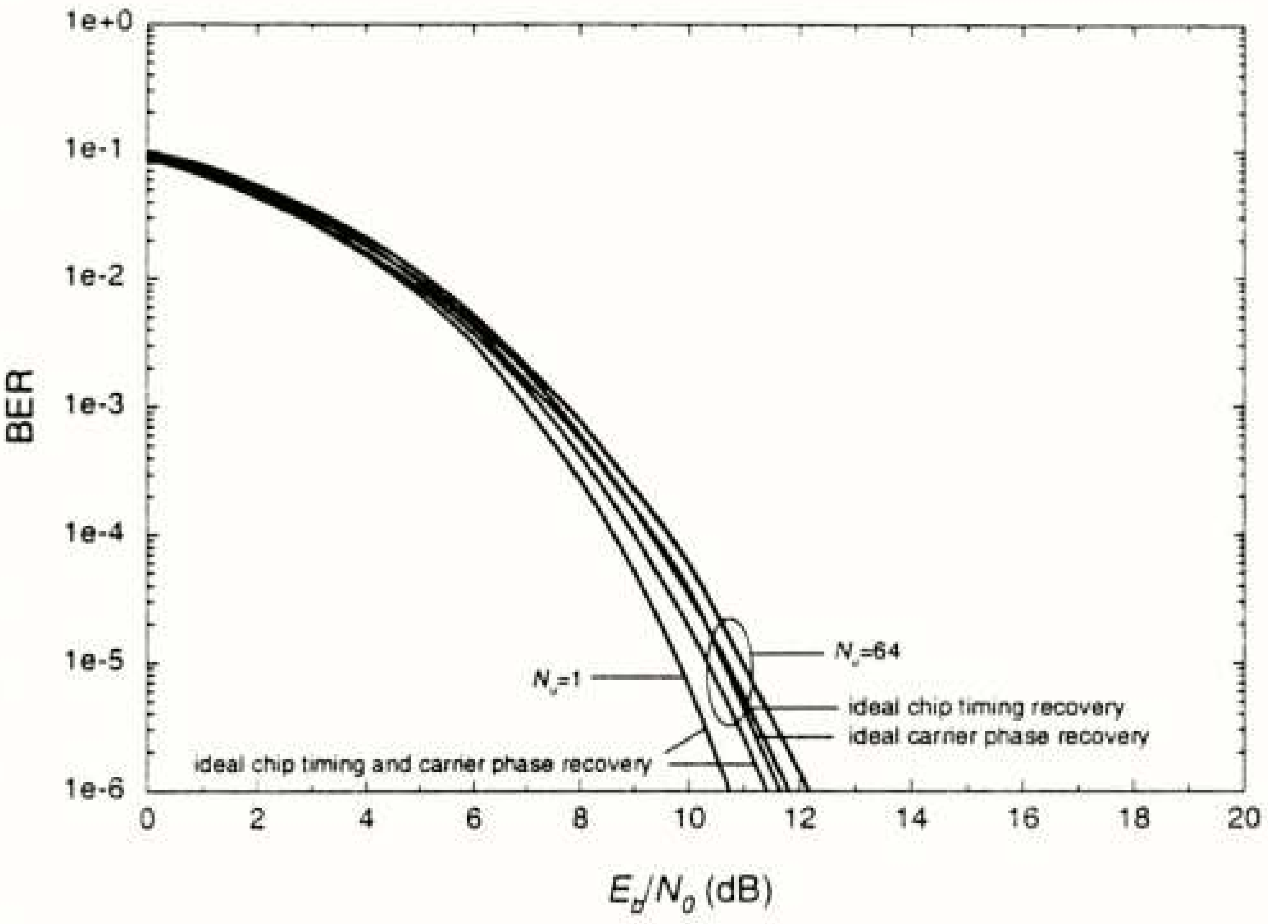


Figure 6. System BER versus E_b/N_o for perfect and imperfect chip timing and carrier recovery subsystems in an ideal channel

As expected, the system shows hardly any degradation for an increasing number of simultaneous users *Nu*. For *Nu*=64, imperfect chip timing recovery and carrier phase recovery can both be seen to degrade system BER less than 0.5 dB, while their joint effect is less than 1 dB. The effects of linear amplitude distortion of the form $A(f) = Z*f$ and sinusoidal amplitude distortion of the form $A(f) = -D*\cos(15\pi f / fr)$, fr=8.128 MHz, are shown in figures 7 and 8, respectively.

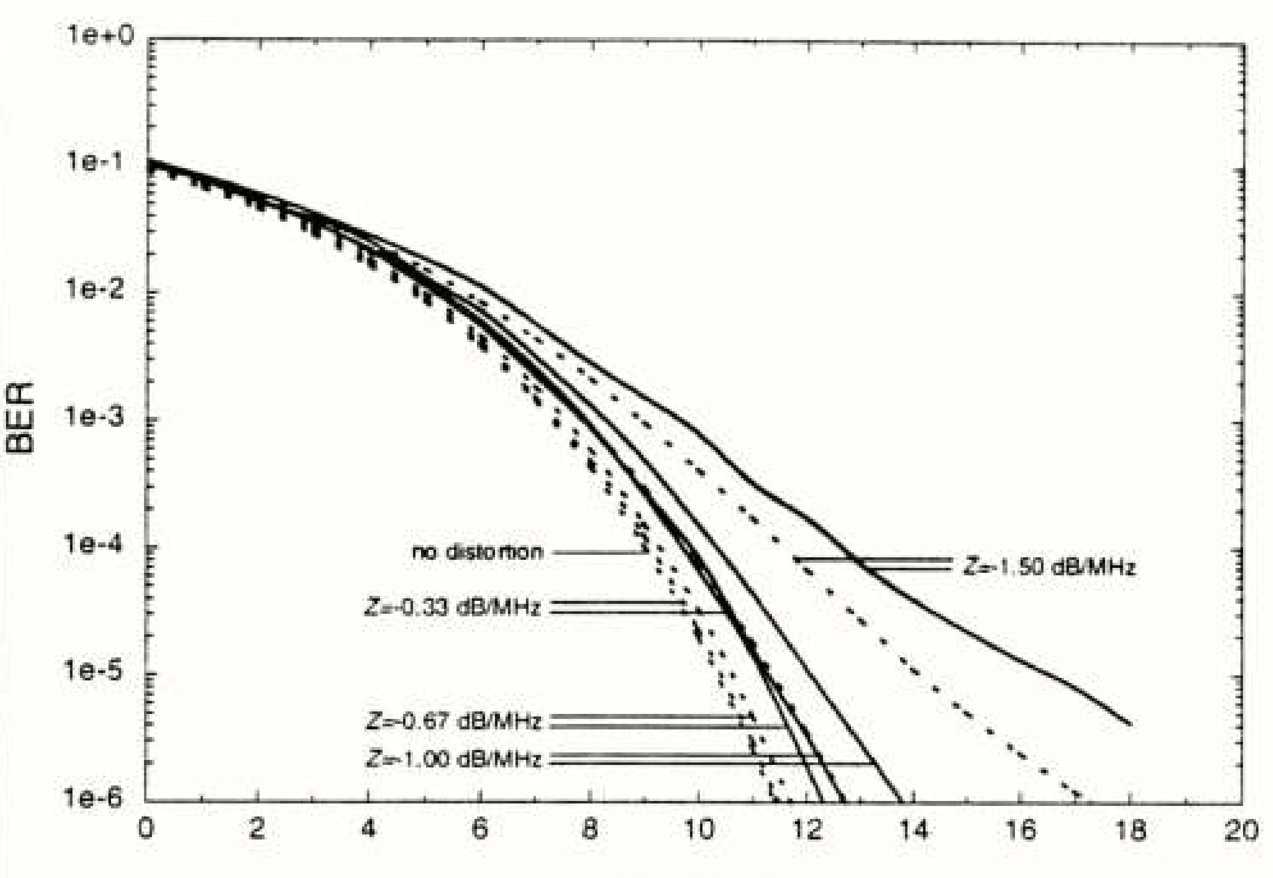


Figure 7. System BER versus E_b / N_o for perfect (dashed) and imperfect (solid) chip timing and carrier recovery subsystems in a channel with linear amplitude distortion. N_u = 64.

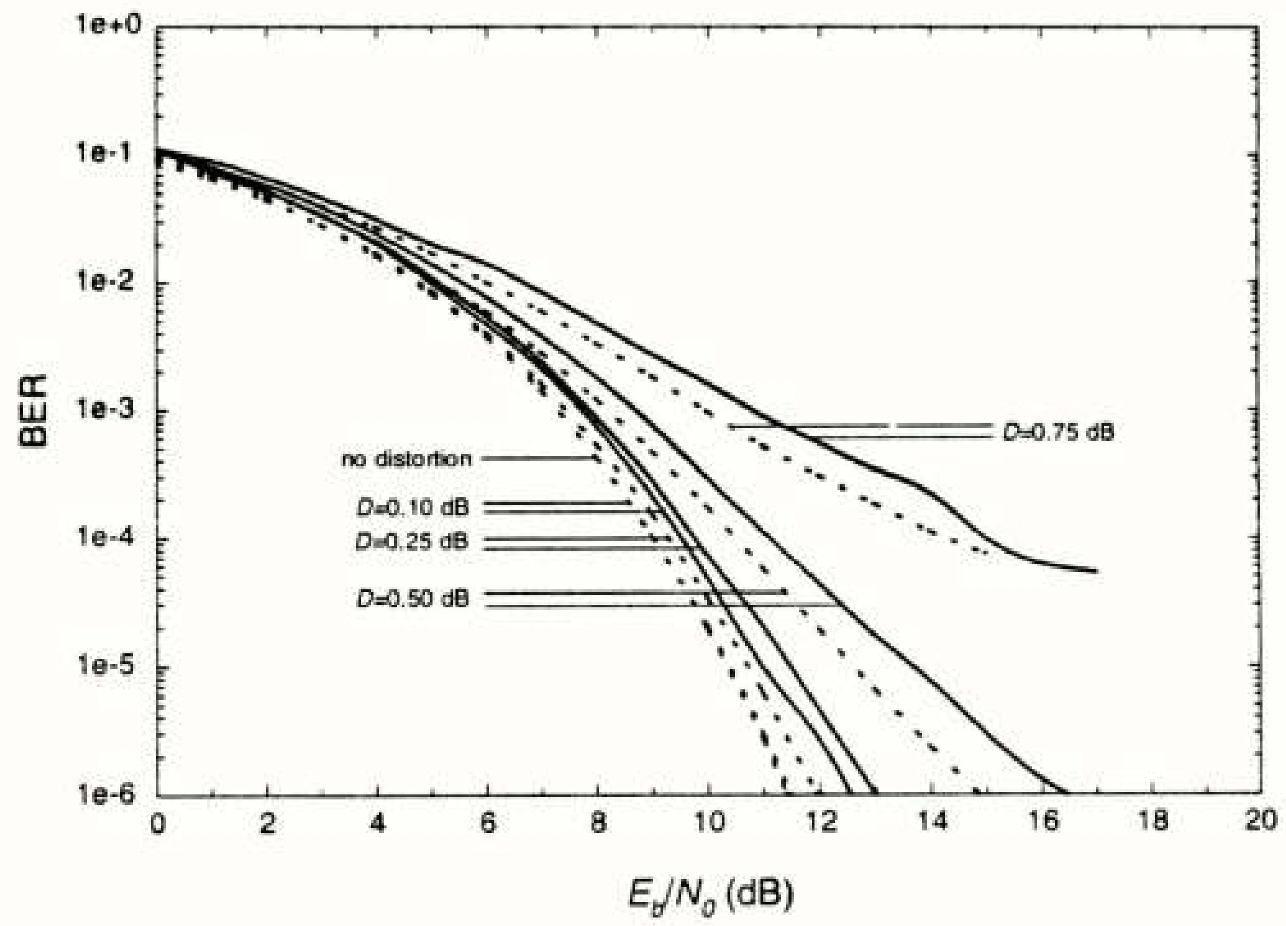


Figure 8. System BER versus E_b / $N_o$for perfect (dashed) and imperfect (solid) chip timing and carrier recovery subsystems in a channel with sinusoidal amplitude distortion. N_u = 64

The degradation for values of *Z* better than -0.67 dB/MHz and for values of *D* better than 0.25 dB is seen to be small. Higher distortion causes rapid deterioration. Figures 9 and 10 depict the effects of linear group delay distortion of the form $t_g(f)=F*f$ and sinusoidal group delay of the form $t_g(f)=-C*\cos(16\pi f / f_r)$, f_r=8.128 MHz, respectively. The degradation for values of *F* better than -15 ns/MHz and for values of *C* better than 100 ns is small. Higher distortion again leads to severe loss of performance.

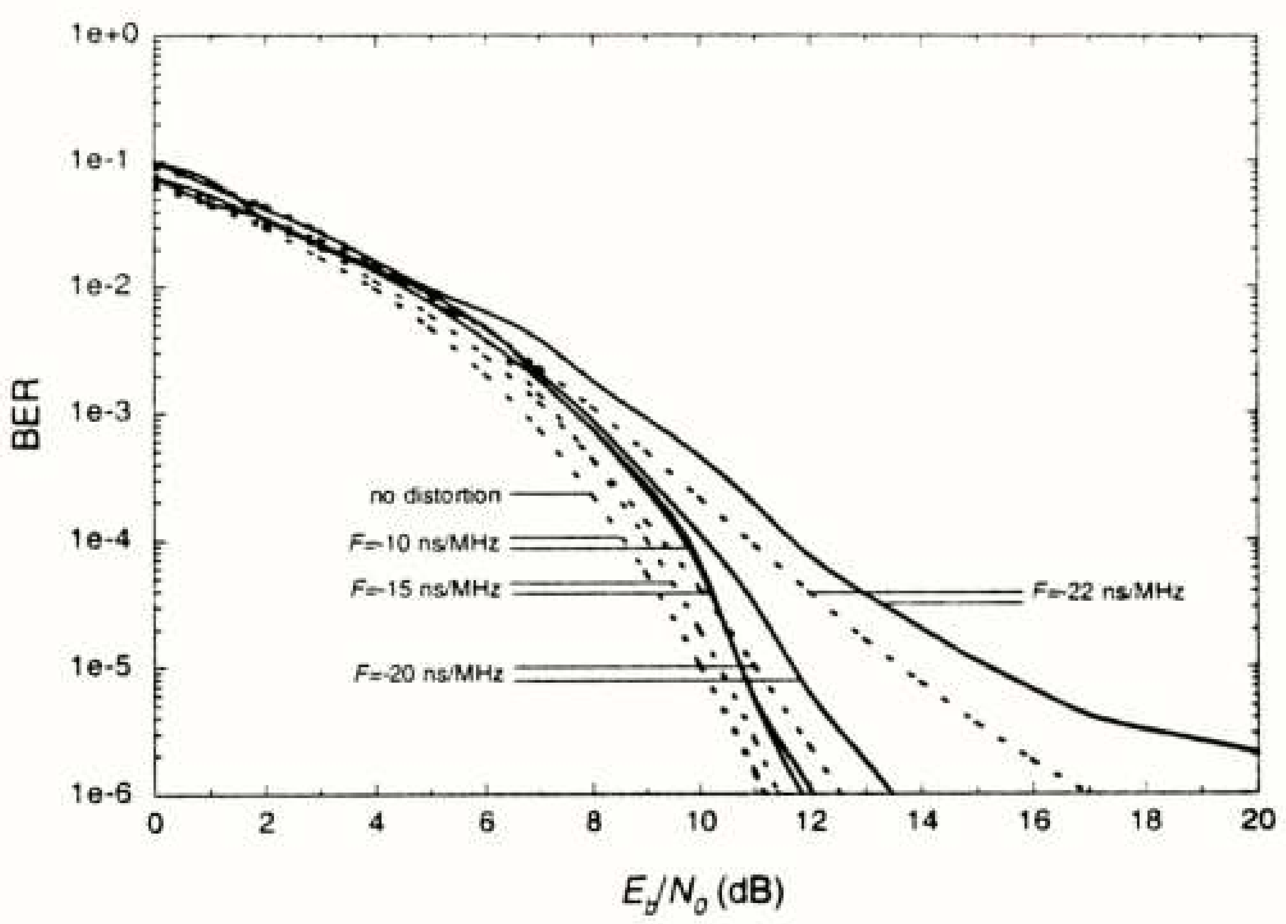


Figure 9. System BER versus $E_b/N_o$for perfect (dashed) and imperfect (solid) chip timing and carrier recovery in a channel with linear group delay distortion. N_u = 64

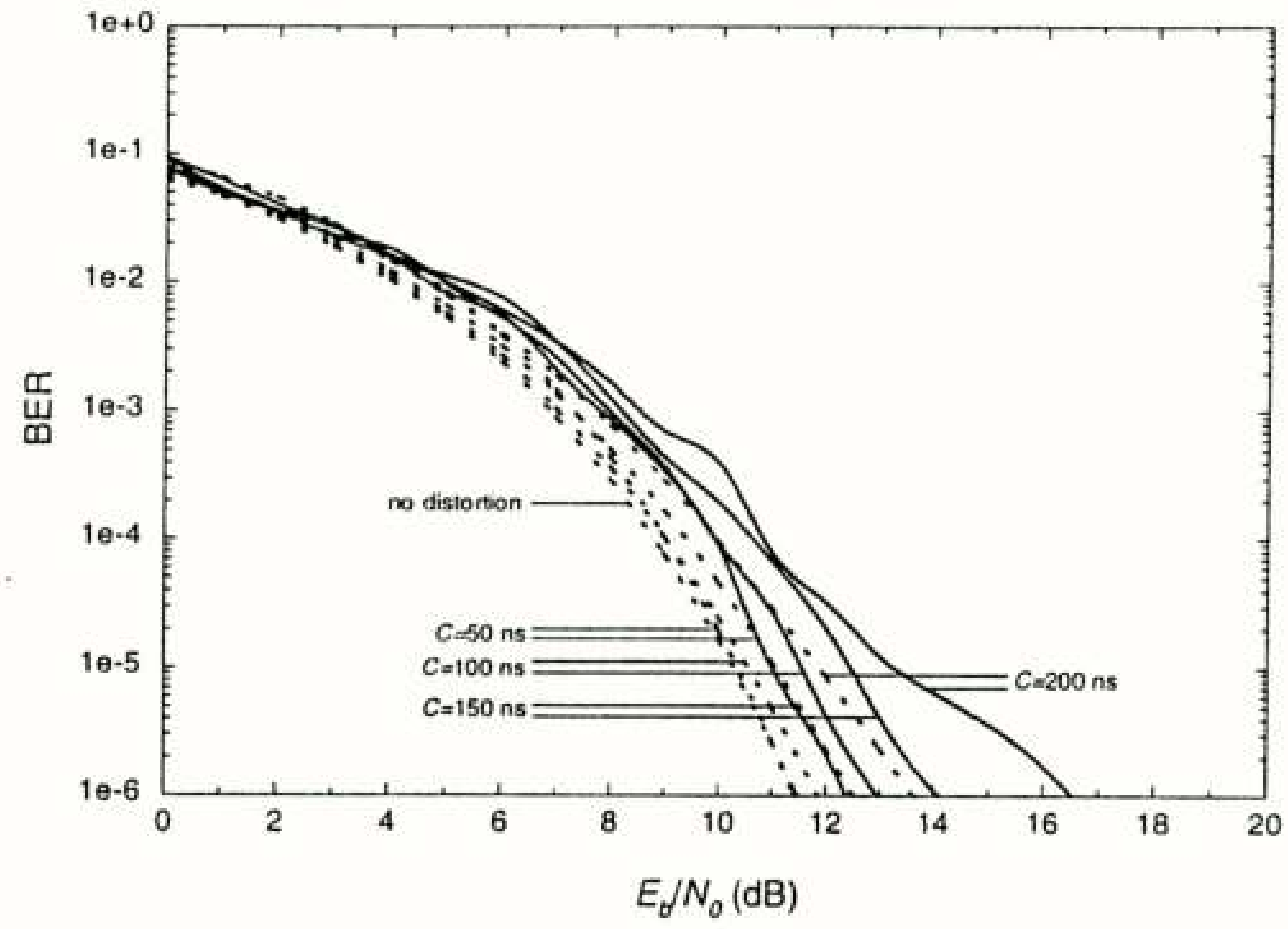


Figure 10. System BER versus E_b/N_o for perfect (dashed) and imperfect (solid) chip timing and carrier recovery in a channel with sinusoidal group delay distortion. $N_u = 64$

From the above figures, it may be concluded that the degradation of E_b/N_0 as a function of the total amplitude response variation in the 6 MHz system bandwidth is much higher for sinusoidal than for linear amplitude distortion. Oppositely, the degradation as a function of the total group delay variation in the system bandwidth is higher for linear than for sinusoidal group delay distortion. We therefore expect that in particular a linearly varying group delay and a rugged, uneven amplitude response are serious potential causes of degradation. In modern HFC networks, performance loss due to linear distortion will be very limited. In less modern networks with large numbers of cascaded actives however, equalisation techniques might be required.

6. Conclusions

In this paper, we have presented and verified a bidirectional 64 kbit/s communication system which is dedicated to the specific CATV network properties. The system design is based on DS-CDMA, because of its inherent robustness to the narrowband interference found in the upstream channel. However, because CDMA is a relatively complex technique, its application may be less favourable in the downstream channel, where simpler access techniques can be utilised.

The communication system exploits some typical properties of CATV networks, which has led to a cost-effective and bandwidth-efficient design. Firstly, because all downstream transmitters and upstream receivers are concentrated at the headend, a considerable amount of hardware can be shared by all modems. Also, this enables the accurate synchronisation of downstream transmissions required using synchronous, high-capacity CDMA. Finally, since the CATV network topology is fixed, it is expected that upstream transmissions can also be synchronised in a rather simple way.

The performance of the upstream receiver in the presence of linear channel distortion has been investigated using a simulation model. It was found that in particular a linear group delay and a rugged, uneven amplitude response are potentially harmful. Yet, in modern HFC networks linear distortion is expected to result in only limited system performance degradation.

Acknowledgment

This work has been supported by the Dutch Technology Foundation (STW).

References

[1] R.P.C. Wolters, "Characteristics of Upstream Channel Noise in CATV-Networks", accepted for publication in IEEE Transactions on Broadcasting.

[2] R.P.C. Wolters and Y.L.C. de Jong, "A Novel Hybrid-Access CDMA Communication System for CATV-Networks", in *Proceedings of the European Conference on Networks and Optical Communications 1996 (NOC'96), part Broadband Superhighway*, pp. 30-36, June 1996.

[3 R.E. Ziemer and R.L. Peterson, *Digital Communications and Spread Spectrum*, MacMillan Publishing, New York, 1985.

[4] R.C. Dixon, *Spread Spectrum Systems with Applications*, John Wiley & Sons, Inc., 1994.

[5] Y.L.C. de Jong, "A CDMA based bidirectional communication system for CATV networks'', Report of a graduate project, Eindhoven University of Technology, April 1996.

[6] S.G. Glisic and P.A. Leppanen (Eds.), *Code Division Multiple Access Communications*, Kluwer, Dordrecht, The Netherlands, 1995.

[7] R. De Gaudenzi and C. Elia, "Bandlimited Quasi-Synchronous CDMA: A Novel Satellite Access Technique for Mobile and Personal Communication Systems", *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, vol. 10, no. 2, pp. 328-343, Feb. 1992.

[8] M.C. Jeruchim, P. Balaban, and K.S. Shanmugan, *Simulation of Communication Systems*, McGraw-Hill, New York, 1968.

[9] T. Hill and K. Fehler, "A Performance Study of NLA 64-State QAM", *IEEE Transactions on Communications*, vol. 31, no. 6, pp. 821-826, June 1983.

[10] H.W. Schuessler and P. Steffen, "On the Design of Allpasses with Prescribed Group Delay", In *International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP90)*, vol. 3, pp. 1313-1316, New York, 1990.

Voordracht gehouden tijdens de 449^e werkvergadering

PROFESSOR DR.IR. WILLEM THEODOOR BÄHLER e.i. 1892-1984
GRONDLEGGER VAN HET TECHNISCH-WETENSCHAPPELIJK ONDERWIJS IN DE TELECOMMUNICATIETECHNIEK IN NEDERLAND

ir. W.W. Schongs Pr.Eng.
T.U. Delft, Werkgroep Geschiedenis der Electrotechniek

Summary

A short history is given of Professor Willem Theodoor Bähler, the founder of telecommunication engineering as an academic teaching subject in The Netherlands. As a gifted student he was one of first graduates to take a Dr. degree at the Department of Electrical Engineering of the Delft University of Technology. In his thesis he described the transitional effects in a telephony relay. In so doing he paved the way for Park's equations of 1930, representing dynamical behaviour of electric machines. However, only with the advent of computers such differential equations could be solved numerically. Since telephony systems became more intricate Mr. Bähler advocated the idea of shaping both "Circuitry" and "Applied Statistics" into technical disciplines. Furthermore, his outstanding teaching capacity was soon reflected in the high standard of his courses, for which purpose he had especially arranged a great number of demonstration models. His appointment as head of the department added much fresh impact to research, he himself published various papers. In his free time mountain hiking used to be a great passion with Mr. Bähler, this he practised even at high age. At home, as a dedicated musician, he loved to play the violoncello.

Beginperiode Technische Hoogeschool

In 1905 was de Polytechnische School omgezet in de Technische Hoogeschool Delft en maakte ook de nieuwe Afdeling der Elektrotechniek een aanvang met haar programma.

Lesgeven was het hoofddoel, want vooralsnog gold het utiliteitsbeginsel, wat betekende dat in de eerste plaats goed vakonderwijs gegeven moest worden. Daarbij werd de stand van de techniek nauwlettend gevolgd. Technisch speurwerk was voor de industrie en behoefde niet ook nog eens door de TH verricht te worden. Uiteraard kwam zo de bij technici altijd aanwezige neiging tot experimenteren onder druk te staan. Desondanks werd met het onderwijs heel wat verder gegaan dan alleen een gedegen vakopleiding. Bovendien was bij wet geregeld dat er voor afgestudeerden de mogelijkheid tot promotie moest zijn, reden waarom de Technische Hoogeschool een promovendus wel alle voor zijn onderzoek benodigde faciliteiten bood. Een van de eerste ingenieurs die aan de Afdeling der Elektrotechniek een doctorsgraad in de technische wetenschappen behaalde was Willem Theodoor Bähler.



Professor dr.ir. W.Th. Bähler e.i. 1892-1984

Beroepscarrière

Bähler werd op 16 mei 1892 geboren te Groningen, waar hij de Lagere School doorliep. Vervolgens bezocht hij de Rijks-HBS te Apeldoorn. In 1911 werd hij ingeschreven als student aan de Afdeling der Elektrotechniek van de TH Delft. Na de propadeutische wiskunde- en natuurkundebasis kwamen de meer vak- gerichte colleges Sterkstroom (Feldmann) en Zwakstroom (Van der Bilt) aan de orde.
Vanaf begin 1916 was Bähler assistent bij Professor Hallo; hij besprak in datzelfde jaar al enkele toepassingen van de vectoranalyse in het Technisch Studenten Tijdschrift, dat tussen 1910 en 1920 werd uitgegeven door de Centrale Commissie voor Studiebelangen.

Met lof behaalde hij in de zomer van 1916 het diploma e.i. Daarna zette hij nog anderhalf jaar het werk aan de TH voort.
Vanaf eind 1918 was hij verbonden aan de Gemeentelijke Telefoondienst van Den Haag, waar hij direct met het automatische telefoonbedrijf te maken kreeg. Hierover berichtte hij in 'De Ingenieur' met de artikelen: 'Moderne Telefooninstallaties' (1922) en: 'Gespreksignalering' (1923). Naast zijn taken als hoofdingenieur begon hij, in overleg met oud-leermeester Elias, een dissertatieonderzoek over het elektromagnetische telefoon-relais, een empirisch ontwikkelde component, spil van de telecommunicatietechniek.

In 1927 verdedigde Bähler zijn proefschrift 'Theorie Van Het Electro-Magnetische Telefoonrelais', een mathematische beschrijving van deze component, inclusief mechanische wrijving, magnetische strooiïng en verzadiging. Hoewel de promovendus van realiteitszin getuigde door te stellen dat het in de praktijk alleen op betrouwbaar werkende relais aankwam, leidden zijn abstracties toch tot nieuwe inzichten. Bovendien vertoonde zijn these een futuristisch aspect, want de niet-lineaire differentiaalvergelijkingen waren slechts numeriek oplosbaar. Hiervoor bestond nog geen geschikte computer. Met het maken van enkele veronderstellingen kon men zich een beeld vormen dat nog enige praktische betekenis had. Wegens de toenemende drukte op de telefoonlijnen ging men de schakelcapaciteit opvoeren door toepassing van snelwerkende relais. Meer kennis hiervan was gewenst, omdat dan de ankerbeweging relatief veel invloed had op het hele schakel- proces. Het proefschrift werd op voorstel van promotor Elias cum laude gewaardeerd. Voor Bähler's beroepscarrière betekende de academische promotie absoluut niet 'over en uit'.

In 1929 werd hij bevorderd bij de Haagse Telefoondienst tot hoofd-ingenieur afdelingschef. Vanaf 20 mei 1930, zou hij die functie combineren met een buitengewoonhoogleraarschap aan de TH Delft. Die benoeming vond plaats op voorspraak van Professor Elias en was de basis voor een verdere wetenschappelijke loopbaan. In 1932 waren de aparte studierichtingen (a): Sterkstroom en (b): Telecommunicatietechniek en Electronica ingevoerd. Voor te sterke specialisering werd gewaakt door ook voor de b-kant colleges over sterkstroomconstructie in te lassen. In het derde studiejaar was er een algemene cursus telefonie/telegrafie, die voor beide richtingen verplicht was. Nadat in datzelfde jaar 1932 Van der Bilt vertrokken was, werd diens leerstoel gesplitst. Radiotechniek kwam onder leiding van de tot lector benoemde Huydts, terwijl Bähler voortaan als gewoon hoogleraar de lessen telefonie en telegrafie verzorgde en de leerstof snel aan de stand van de techniek aanpaste.
De eerste telefoonlijnen waren telegraafdraden. Bij automatische telefonie verliep het gehele oproep-proces volgens de beginselen van de telegrafie. Was een verbinding éénmaal gemaakt, dan stelde een goede verstaanbaarheid duidelijk hogere eisen aan de lijn. Naast demping, overspraak en vervorming vroeg ook de elektro-akoestiek de nodige aandacht. Voorts waren er wachttijdproblemen en werd de roep gehoord om een rechtvaardige tarifiëring voor de veel- en weinigbellers; bij automatisering had men geringere loonkosten, echter meer rente en afschrijving in verband met duurdere installaties.

Bij zijn aantreden had Bähler al de noodzaak gesignaleerd van een nieuw specialisme: de theoretische schakelingsleer. Kleine telefoonnetten waren nog te optimaliseren, bij de grotere ging het om het talent van de ontwerper, maar spoedig zou men behoefte krijgen aan geheel nieuwe strategieën. Die toekomstvisie kreeg gestalte in de professoraten van de promovendi dr.ir. R.M.M. Oberman (schakeltechniek, 1949) en dr.ir. L. Kosten (stochastiek, 1956).

Gedurende het hoogleraarschap hield hij voordrachten over uiteenlopende onderwerpen: 'Kabeltelefonie' (1931), 'Leergang Versterkers' (1937), 'Automatische Telefonie' (1951), 'Waarschijnlijkheidsrekening bij telefonie' (1951), 'Televisie-normen' (1952), 'Microfonen' (1955) en tenslotte het symposium 'Filtersynthese met behulp van complexe functie- theorie' (1960). Al deze lezingen verschenen in de vorm van artikelen in het blad 'De Ingenieur'. Verder publiceerde hij in het 'Tijdschrift voor Elektrotechniek', 'Elektrotechnische Zeitschrift' en in 'The Post Office Electro-Techn. Journal'.

Naast zijn onderwijstaken vervulde Bähler functies bij diverse instituten, verenigingen en commissies, zoals:

- Lid International Electro-Technical Commission (IEC).
- Lid International Telecommunication Union (ITU)
- Lid van de Radioraad (1929).
- Buitengewoon lid van de Octrooiraad (1934).
- Lid van de Eerste Televisiecommissie (1936).
- Lid en voorzitter van de Tweede Televisiecommissie (1948).
- Voorzitter benoemingscommissies van hoogleraren.
- Voorzitter van de Afdeling der Elektrotechniek TH-Delft
- Voorzitter van de Afdeling Elektrotechniek en Technische Natuurkunde van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs.
- Bestuurslid van de Vereniging van Delftsche Ingenieurs.

Didacticus

De nieuwe mogelijkheid van een TH-studie aan het begin van deze eeuw was er de oorzaak van dat, wanneer iemand voor zo'n ingenieursopleiding koos, soms een familietraditie van een bepaald ambtelijk beroep niet meer werd voort-

gezet. Echter kon men stellen dat er in een familie vele andere waardevolle dingen altijd wèl doorgegeven werden. Met een predikant als vader was het dus eigenlijk geen toeval dat een van Bähler's karakteristieke kanten die van 'de leraar' was en dat hij ook in zijn hoge functie altijd een opvallende bereidheid tot samenwerking toonde. Daarbij zijn de heldere betoogtrant en een enorme eruditie altijd heel kenmerkend geweest. 's Mans allergrootste talent was echter een fabuleus geheugen; een gave die hem tot vele bijzondere dingen in staat stelde, zoals het bijna geheel uit het hoofd geven van zijn hoorcolleges.

Diverse malen heeft hij gewezen op het grote belang van goed hoger technisch onderwijs. Bij zijn intree-rede van 1930 had hij gezegd zeer verheugd te zijn om naast de technische hogerejaarsvakken ook de twee wisselstroomvakken te mogen geven, omdat er dan een koppeling was tussen theorie en praktijk in de leeropdracht en de studenten zo meer houvast geboden werd. Zijn wijze van lesgeven was voorbeeldig en terecht stelde hij bij examens ook strenge eisen. Juist voor de basisvakken Wisselstroom I en -II bestond vrees onder de studenten. Goed gekleed ter zitting verschijnen was een eerste vereiste, om als kandidaat vervolgens op zeer precisieuze wijze overhoord te worden. Voor 'drill' had hij geen respect; het goede theoretische inzicht zou per se moeten blijken.

Ook de Afdeling zag zich soms door technische ontwikkelingen genoodzaakt de eisen van bepaalde studievakken wat meer aan te scherpen. Bijvoorbeeld de theorie van Maxwell werd, nadat deze in de cursus 1917-'18 als keuzevak op het rooster was verschenen, in de dertiger jaren behandeld als verplicht kandidaatsvak. Bähler's belangstelling voor het onderwijs bleek uit diverse publicaties, maar vooral uit het feit dat hij in korte tijd de door hem overgenomen oude leerstoel tot een toonaangevend instituut wist te maken; met onder meer de volgende collegevakken:

- Wisselstroom I en II	- Kabeltelefonie
- Telefonie	- Versterkertechniek
- Automatische Telefonie	- Draaggolftelefonie
- Automatische Systemen	- Netwerk-analyse

Om de essentie van het vak beter over te dragen richtte hij een grote verzameling van telefoniesystemen, modellen en vergrote uitvoeringen van schakelaars in. Zij bevinden zich thans in de Studieverzameling van de Afdeling Elektrotechniek, evenals gelegateerde exemplaren van zijn college-diktaten.

Nadat de studierichting Sterkstroom in 1932 onder leiding van Professor Thierens er al eens eerder was geweest, ging 'Elektrotechniek' in de herfst van 1954 wederom op excursie naar Amerika. Ditmaal vergezelde Professor Bähler de Delftse studenten op de grote boot- en treinreis.

Een door hemzelf bijgehouden notitieboekje van de reis behoort tot de schaarse documenten, die aan de Werkgroep Geschiedenis der Electrotechniek zijn nagelaten.

Wat meteen opvalt is de didactische opzet. Eerst werden laboratoria voor fundamenteel onderzoek aangedaan. Vervolgens stelde men zich op de hoogte van componentenfabricage, bij welke gelegenheid nieuwere transistoren getoond werden en de 'common-base' schakeling verklaard werd. Bij de Bell Telephone Corporation volgde daarnaast nog een confrontatie met moderne en toekomstige telefoontechnieken. Ook in Amerika waren de eerste halfgeleiders duur. Daarom deed Bell in 1954 onderzoek naar de mogelijkheden om in een telefoontoestel toonfrequent te kiezen, de microfoonstroom te versterken èn luidsprekend te telefoneren, al deze functies met één transistor!

Toeristische zaken zoals de Niagara-waterval, de Grand Canyon en de Golden Gate-brug stonden ook op het programma.

Het gezelschap was twee volle maanden onderweg; de oversteek per boot duurde alleen al 2 maal 10 dagen. De bereidheid om samen met de ETV de tocht te organiseren èn als begeleider mee te gaan, was typerend voor deze man, Prof. Bähler.

Onderscheidingen en jubilea

Een respons voor zijn inzet kwam reeds op 26 oktober 1954 toen hij in een Buitengewone Ledenvergadering tot Ere-voorzitter benoemd werd van de Electrotechnische Vereeniging (ETV).

In 1955 vierde hij zijn 25-jarig ambtsjubileum. Als onderdeel van de vele huldigingen werd hem door collega's en (oud-) medewerkers een cello (Gagliano) aangeboden, want al vanaf zijn studententijd had hij als lid van een strijkkwartet de violoncel bespeeld. Overigens was dat nog maar het begin van zijn veelzijdige muzikale activiteiten geweest. Zijn hele verdere leven zou hij in diverse ensembles van allerlei bezetting vol overgave zijn cellopartij meespelen.

Op 16 mei 1962 werd Bähler 70 jaar en werd hij onderscheiden met de Zilveren Legpenning van het Staatsbedrijf der P.T.T.

Eén week later op 22 mei vond de voltooiïng plaats van het automatische telefoonnet in Nederland te Warffum (Fr.).



Omslag van Het PTT-Bedrijf van mei 1962 voorstellende de Nederlandse automatische districtscentrales. Naar een ontwerp van Otto Treumann, graficus

De Nederlandse Posterijen vierden dit belangrijke feit met de uitgifte van een drietal speciale herdenkingszegels. Inmiddels had Bähler op zijn zeventigste om ontslag gevraagd als gewoon hoogleraar aan de Technische Hogeschool Delft, wat hem eervol werd verleend met dankbetuiging voor belangrijke in deze betrekking bewezen diensten. Alvorens definitief op te stappen, werd hij nog onderscheiden; op 25 mei 1962 volgde zijn benoeming tot Ridder in de Orde van de Nederlandse Leeuw.

Per 1 september 1962 werd hij emeritus hoogleraar, maar van een officiële afscheidsceremonie had hij zeer nadrukkelijk afgezien. Hij verliet Delft en vestigde zich in Doorn, om zich zo volledig aan zijn grote liefhebberij, de kamermuziek, te kunnen wijden, in het bijzonder de violoncel. Een andere door hem zeer geliefde tijdspassering was het maken van lange wandeltochten. Niet alleen door vaderlandse bossen en duinen; er was op den duur bijna geen berg of dal meer in Oostenrijk of Zwitserland waar hij niet eens was langsgetrokken, hetzij in vroeger jaren 'en famille', of zoals nog op zijn 90ste, ingetogen en in alle rust.

Door de jaren konden de mensen die in het vak actief werkzaam waren hem niet zomaar vergeten. Aldus besloot men in het definitieve eindverslag van het colloquium 'Telecommunicatie in de Toekomst' dat in 1970-1971 aan de TH-Delft werd gehouden een opdracht op te nemen. Deze luidde: "Opgedragen aan de grondlegger van het technisch wetenschappelijk onderwijs in de telecommunicatietechniek in ons land, ter gelegenheid van zijn 80ste verjaardag, 16 mei 1972".

In 1980 volgde nòg een hommage aan Prof. Bähler. Dat was op het P.T.T.-congres naar aanleiding van het 100-jarig bestaan van de Telefoon. Bij die gelegenheid werd de instelling bekendgemaakt van de jaarlijkse 'Prof. Bählerprijs' voor het beste afstudeerwerk en voor het beste proefschrift over een 5-jaarlijkse periode, door de sectie Telecommunicatietechniek van het K.I.v.I. Tijdens dat congres werden de prijzen voor de eerste maal door de naamgever zèlf uitgereikt.

Conclusies:

- Grondlegger technisch wetenschappelijk onderwijs in de telecommunicatietechniek in Nederland
- Diversiteit in wetenschappelijk onderzoek
- (Hoog-)leraar met roeping
- Grote competentie

Met dank aan ir. W. Bähler te Geldrop en de Werkgroep Geschiedenis der Electrotechniek van de TU Delft.

Bronnen-verantwoording(in chronologische volgorde):

- BäHLER W.Th. e.a.: Enige toepassingen der vectoranalyse waaronder de veldentheorie. Naar colleges en aantekeningen van Professor dr. J.A.Schouten. Technisch Studenten Tijdschrift, 6-e jaargang nr. 5 t/m 13, 1916.
- BäHLER W.Th.: Werking en toepassing van moderne tele-fooninstallaties bij abonnés. De Ingenieur 1922, nr. 19.
- BäHLER W.Th.: Directe en indirecte gespreksignalering bij telefonie. De Ingenieur 1923, nr. 37.
- BäHLER W.Th.: Theorie van het electro-magnetisch telefoon- relais. Dissertatie. Delft, 12 januari 1927.
- BäHLER W.Th.:Inschakelverschijnselen bij een telefoon relais met bewegend anker. De Ingenieur 1927.
- BäHLER W.Th.: 25-jarig jubileum van de Hongaarsche Electro-technische Vereniging. De Ingenieur 1929, nr.25.
- BäHLER W.Th.: Rede bij zijn benoeming als hoogleraar aan de TH-Delft, op 20 mei 1930. Uitg. J.Waltman, Delft.
- BäHLER W.Th.: De theoretische grondslagen van de kabeltelefonie. De Ingenieur 1931, nr. 19.
- BäHLER W.Th.: Het zwakstroom-laboratorium van de Technische Hoogeschool te Delft. De Ingenieur 1934, E.7
- BäHLER W.Th.: Vacantie-leergang versterkers. Koninklijk Instituut van Ingenieurs, 1937.
- BäHLER W.Th.: Toespraak bij de verleening van het ere-doctoraat aan de heer ir. M.H.Damme, directeur-generaal der P.T.T.. Delft, 8 januari 1938.
- HOLKEMA van en WARENDORF: Persoonlijkheden in het Koninkrijk der Nederlanden. Amsterdam, 1938.
- DAMME M.H.: Over het staatsbedrijf als een verkieslijke ondernemingsvorm, rede bij de promotie h.c.. Delft, jan. 1938.
- DUUREN H.C.A. VAN: Typedruktelegrafie bij radio verbindingen. Dissertatie. Delft, 9 december 1941.
- KOSTEN L.: Overblokkerings- en wachtproblemen. Dissertatie. Delft, 17 december 1942.
- OBERMAN R.M.M.: The bridge marker key automatic switching system. Dissertatie. Delft, 28 mei 1947.
- MOL H.: Theorie van dewisselstroombel. Dissertatie. Delft, 25 mei 1949.
- BäHLER W.Th.: De ontwikkeling van de automatische telefonie in de laatste jaren. De Ingenieur 1951, E.45.
- BäHLER W.Th.: Overzicht van enige problemen bij de toepassing van waarschijnlijkheidsrekening op de automatische telefonie. De Ingenieur 1951, E.77.
- BäHLER W.Th.: Televisie-normen. De Ingenieur 1952, E.55.
- GILTAY J.: Bijdrage tot de stochastiek van het telefoonverkeer, in het bijzonder van de volkomenbundel. Dissertatie. Delft, 6 mei 1953.
- RODENBURG N.: Some problems relating to a telephone system employing non-homing selectors. Diss. Delft, 6 mei 1953.
- BäHLER W.Th.: Kabeltelefonie. Uitgave ETV. Delft, 1953.
- BäHLER W.Th.: De opleiding van electrotechnisch ingenieur aan de TH. De Ingenieur 1954, E.29.

- BäHLER W.Th., COHEN J.W. en JUNG M.M.: Cal culation of the number of first group selectors for telep hone systems provided with first and second concentra tion stages taking into account the internal blocking. Communication News 14-1954, nr. 2.
- BäHLER W.Th.: Opleiding aan de afdeling electrotech niek aan het M.I.T. TH-mededelingen 2, 1954/55, nr.4, p.11.
- BäHLER W.Th.: Wisselstroomtheorie I. Uitg. ETV Delft, 1955.
- BäHIER W.Th.: Professor ir. L.H.M. Huydts 40 jaar verbonden aan de TH.Electrotechniek 33-1955, no. 26.
- BäHLER W.Th.: De telefonie in de Verenigde Staten van Noord-Amerika.Electrotechniek 33-1955, no. 22.
- BäHLER W.Th.: Microfonen. De Ingenieur 1955, E.63.
- REDACTIE NRG: Professor BäHLER 25 jaar hoogle raar. Tijdschrift van het Nederlands Radio Genootschap, 1955.
- BäHLER W.Th.: Wisselstroom-theorie II. ETV Delft, 1956.
- BäHLER W.Th.: Telefonie en Electro-Acoustiek. ETV, 1956.
- BäHLER W.Th.: De geschiedenis van de opleiding tot electro-technisch ingenieur. Lustrumjaarboek 1955-'56. ETV, 1956.
- BäHLER W.Th.: Collegediktaten: Telefonie; Automati sche Telefonie; Automatische Systemen; Kabeltelefonie; Versterkertechniek en Draaggolftelefonie, van de student A.Chr. Jansen cursusjaren 1936-1941. Studieverzame ling Afd. E.
- BäHLER W.Th.: Automatische telefonie. Collegediktaat 1956.
- BäHLER W.Th.: Netwerk-analyse.Collegediktaat 1960.
- BäHLER W.Th.: Theoretische inleiding van het sympo sium:
'Filtersynthese gebaseerd op het gebruik van functies met een complexe variabele'. Tijdschrift van het NRG, 1960, 5/6.
- Redactie Tijdschrift NERG: Uitreiking PTT-penning aan Professor dr.ir. W.Th. Bähler, 1962.
- Redactie Tijdschrift NERG: ProfessoBähler 80 jaar. Tijdschrift van het NERG, 1972.
- KROES J.L. DE: In memoriam Prof. dr.ir. W.Th. Bähler, ETV Jaarboek 1984.
- SCHONGS W.W.: Prof.ir. L.H.M. Huydts e.i. (1890-1974), elektronica-pionier. Tijdschrift NERG nr. 2, 1994.
-SCHONGS W.W.: Mej.dr.ir. J.H.M. Manders e.i. (1892-1989), elektrotechnisch ingenieur. De Ingenieur, maart 1995.
- SCHONGS W.W.: Prof. ir. C.L. Van der Bilt c.i. (1875-1947), nestor van de radio-telegrafie in Nederland. Tijd schrift van het NERG 1996, 1/2.
- BäHLER W.: Herinneringen aan Prof.dr.ir. W.Th. Bähler
verteld aan de auteur, voorjaar 1996.

UIT HET NERG

LEDENMUTATIES

Voorgestelde leden:

ir. J. Grooten	Bruntingerbrink 181	7812 VL Emmen
dr.ir. J.A. Hegt	Brabanthoeven 152	5244 HM Rosmalen
K. Kaper	N.C.E. 817th 3th Ave General delivery TOMOGO	
	Beiseker, Alberta Canada	
ir. J.F. van der Koijk	Rodenrijsestraat 30 A	3037 NH Rotterdam
dr.ir. R.J. Niemeijer	de Sillestraat 120	2593 VA Den Haag
T. Uildriks	Nijend 26	9465 TR Anderen

Nieuwe leden:

H. Freese	Esmoreitschouw 52	2726 KK Zoetermeer
ir. G.P. Vijverberg	Buster Keatonstraat 45	1325 CJ Almere

Nieuwe adressen van leden:

dr.ir. H.J.M. Bastiaansen	Heesterlaan 49	9753 EE Haren
dr.ir. P.A. Beeckman	Faramir 30	5663 SH Geldrop
Mevr. ir. B. Bornkamp	Verbeetenstraat 79b	4812 XK Breda
ir. J. Dijk	Vincent v. Goghstraat 203	5671 DT Nuenen
ir. P. van Dijk	Boonberg 6	5507 NR Veldhoven
V.B. Grundlehner	C. de Bourbonlaan 25	3708 CB Zeist
ir. J.W. Kolthof	Estafettestraat 12	7535 BG Enschede
prof.ir. C.J. Koomen	Kosterhof 17	5582 HX Waalre
ir. L.R.M. Lacle	Prinsenplaats 1	7411 BP Deventer
ir. G.A. Niekolaas	Melis Stokezijde 143	2543 GJ Den Haag
ir. R. Schramp	Willem de Nobelaerlaan 22	2273 HM Voorburg
ir. J.C. Stekelenburg	Leliestraat 58	7101 CJ Winterswijk

□

esa

Call for papers

20th ESTEC Antenna Workshop
mmWave Antenna Technology and Antenna Measurements
June 18th to 20th, 1997

You are cordially invited to submit papers for the 20th ESTEC Antenna Workshop on Millimetre Wave Antenna Technology and Antenna Measurements.

The emphasis of this workshop on millimetre wave technologies is driven by the requirements of future ESA instruments for Astronomy and Earth Observation.
Ever higher resolutions, sensitivities and frequencies of operation, ranging from 30 GHz to THz frequencies, require technological developments, including new performance verification methods.

Suggested subjects:

Antenna technologies
- Complete antenna systems
- Reflectors
- Waveguide and planar integrated feeds
- Quasi-optics
- Frequency selective surfaces
- Photonics
- Manufacturing (incl. micromachining)
- Analytical and numerical modelling

Antenna measurements
- Compact antenna test ranges
- Near Field measurement techniques
- Anechoic enclosures/materials
- Antenna standards and calibration
- Facility characterisation
- Instrumentation

Abstracts of proposed papers, not exceeding 500 words, should be sent by mail or fax to:

ESTEC Conference Bureau
P.O.Box 299
2200 AG Noordwijk, The Netherlands

Fax: +31 71 565 5658
E-mail: confburo@estec.esa.nl

For information on technical issues, please contact the workshop organiser:

Peter de Maagt
ESTEC, XEA (Antenna Section)
PO Box 299,
2200 AG Noordwijk, The Netherlands

Fax: +31 71 565 4999
E-mail: pdemaagt@estec.esa.nl

A cover page should include the authors' names and affiliations. The name, address, phone, fax and e-mail address of the contact person should be clearly indicated. The working language of this workshop is English.

The deadline for submission of the abstract is **February 1, 1997**. Notification of acceptance will be sent by **March 1, 1997**, with instructions for production of the camera ready papers. The completed camera ready papers will be required not later than **May 15, 1997**.

The workshop will be held at ESTEC and is organised in association with the IEE (UK), SEE (F), NERG (NL) and IEEE (Benelux) Antenna Societies.

IEE see NERG IEEE

Cursus aankondigingen

PATO

- Digitale video
  25, 26, 27 november en 2, 3 december 1996 in Delft.

- Hedendaags methodisch ontwerpen
  3,4 en 17, 18 december 1996 in Enschede.

- Robuust ontwerpen
  6, 13 en 20 december 1996 in Eindhoven.

Contactadres: Stichting PATO,
Postbus 30424, 2500 GK Den Haag
tel: 070 36 44 957 fax: 070 35 62 722

TOPTECH STUDIES TU DELFT

Master of Business Telecommunications
9-weekse cursus, gespreid over 1 jaar
aanvang februari 1997

Contactadres: Top Tech Studies, Postbus 612
2600 AP Delft
tel: 015-278 80 19 fax: 015-278 10 09

CENTRUM VOOR MICRO-ELEKTRONICA

- *Themadag:*

'The practical power of Microsystems Technologies (MST)'
27 november 1996 in Musis Sacrum te Arnhem.

Contact: Centrum voor Micro-Elektronica
drs. Lyzette Griffijn, PR & Voorlichting
tel: 0318 580200

- *Elektronica Workshops:*

. Ontwerpen van digitale filters
  10 december 1996
. Transformaties
  3 december 1996
. Ontwerpen van digitale regelsystemen
  12 december 1996
. DSP-programmeren
  17 december 1996

Contact: Centrum voor Micro-Elektronica
Postbus 1001, 3900 BA Veenendaal
Tel: 0318 580200
Fax: 0318 580234

Bosscha-lezing 1996:
'De ontwikkelingen op het gebied van gelijkstroomnetten in verleden, heden en toekomst'
door Prof. Ir. W.L. Kling
18 december 1996, gebouw van de Faculteit der Elektrotechniek van de TU Delft.

Contactadres: Secretariaat Bosscha-genootschap
p/a Universiteitsmuseum Utrecht,
Postbus 12055 3501 AB Utrecht

Elektronisch Tijdschrift

SWAP 2000, software actieplan 1996 - 2000
Nieuws en informartie op het gebied van software.

Uitgave: Ministerie van Economische Zaken
adres: http://www.minez.nl/SWAP2000.

Conferentie

RADAR 97
(Call for papers)
14 - 16 oktober 1997, Edinburgh
deadline for draft papers: 13 december 1996.

Contact: RADAR 97 Secretariat
Savoy Place , London WC2R OBL, UK.
Tel: + 44 (0) 171 344 8425/5469
Fax: + 44 (0) 171 240 8830
email: conference@iee.org.uk

Tijdschrift van het Nederlands Elektronica- en Radiogenootschap

deel 61 nr.4 -1996

Inhoud

Druk: Drukkerij Van Ek, Driebergen